

ANNALES DE PARASITOLOGIE

HUMAINE ET COMPARÉE

TOME XXIV

1949

N^{os} 3-4

MÉMOIRES ORIGINAUX

DESCRIPTION D'UN NOUVEAU GENRE
DE *PLEUROGENINÆ* (TREMATODA : *LECITHODENDRIIDÆ*)
DE GRENOUILLES DU MEXIQUE (1)
LANGERONIA MACROCIRRA N. G. N. SP.

Par Eduardo CABALLERO y C. et Margarita BRAVO HOLLIS

Nous avons reçu, en 1943, un matériel comprenant onze exemplaires provenant de l'intestin d'une grenouille verte, envoyés par les Prof. Demetrio Socolov et Eulogio Bordas, du Laboratoire de parasitologie de l'Ecole nationale des sciences biologiques, de l'Institut national polytechnique, à Mexico.

Description. — Exemplaires piriformes, mesurant 1 mm. 345 à 1 mm. 444 de longueur, sur $78\ \mu$ à $318\ \mu$ de diamètre au niveau de la ventouse buccale et $796\ \mu$ à $863\ \mu$ au niveau des testicules. Partie postérieure du corps échancrée. *Cuticule* mince, de 4 à $5\ \mu$ d'épaisseur, couverte en totalité de fines épines, plus nombreuses sur la partie antérieure et mesurant 6 à $8\ \mu$ de longueur sur $2\ \mu$ d'épaisseur.

Ventouse buccale subterminale, sphérique et un peu plus petite que l'acetabulum ; diamètre antéro-postérieur, 131 à $143\ \mu$ sur 143 à $148\ \mu$ de diamètre transversal. Rapports entre les diamètres de la ventouse buccale et de l'acetabulum : 1 : 1,1 \times 1 : 1,1 — 1 : 1,4.

(1) Traduit de l'espagnol par le Dr Maurice Langeron.

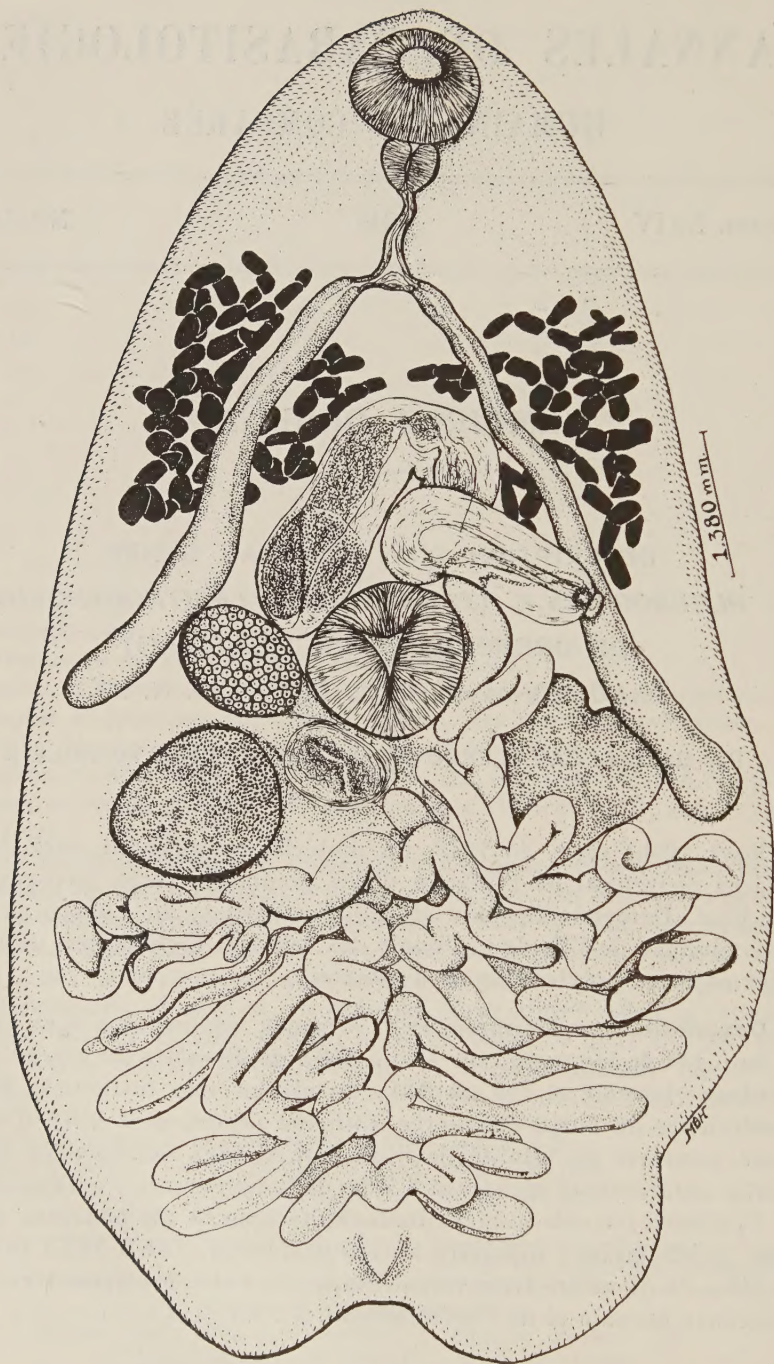


FIG. 1. — Dessin d'une préparation en entier
de *Langeronia macrocirra* n. g. n. sp. Côté ventral.

Acetabulum situé dans la région équatoriale, mais tendant à s'étendre vers la région antérieure, sphérique, mesurant 148 à 160 μ de diamètre antéro-postérieur sur 156 à 197 μ de diamètre transversal.

Pharynx globuleux, à paroi musculeuse, situé immédiatement en arrière de la ventouse buccale ; diamètre antéro-postérieur : 62-74 μ ; diamètre transversal : 62-74 μ .

Œsophage à paroi mince, atteignant une longueur de 97 à 202 μ , pour un diamètre de 25-43 μ . Les grandes différences des mesures de longueur de l'œsophage sont dues à la contraction de l'animal.

Cæcums s'étendant jusqu'au bord postérieur des testicules et mesurant 619 à 631 μ de longueur, sur un diamètre de 71 à 80 μ , au niveau de leur extrémité postérieure.

Ovaire à bords réguliers, de forme ovalaire, situé à droite entre les cæcums, au voisinage de l'extrémité postérieure de la poche du cirre, de la partie latéro-postérieure de l'acetabulum et de la partie antérieure du réceptacle séminal. Il mesure 102 à 152 μ de diamètre antéro-postérieur sur 102 à 143 μ de diamètre transversal.

Utérus complètement rempli d'œufs, occupant presque toute la région post-testiculaire et formant sept anses transversales de chaque côté de la ligne médiane, les anses ascendantes atteignant l'acetabulum et passant entre ce dernier et le bord interne du testicule gauche qu'elles recouvrent un peu, puis atteignant la poche du cirre et débouchant enfin dans le pore génital.

Œufs operculés, mesurant 16 à 17 μ sur 11 à 12 μ , à coque lisse et jaune.

Testicules situés à la hauteur du réceptacle séminal, entre les cæcums et sur les côtés du corps. Le testicule gauche est nettement trilobé et mesure 152 à 188 μ de longueur sur 114 à 202 μ de diamètre ; le droit mesure 123 à 160 μ sur 82 à 205 μ .

Réceptacle séminal situé entre les deux testicules et un peu dévié à droite. Il mesure 70 à 82 μ de diamètre antéro-postérieur sur 78 à 123 μ de diamètre transversal.

Poche du cirre très développée, occupant presque tout l'espace intercæcal en avant de l'acetabulum. Elle mesure 624 à 708 μ de longueur sur un diamètre de 93 à 106 μ . Elle passe ensuite à droite de l'acetabulum, monte en diagonale presque jusqu'à l'arc de la bifurcation intestinale, puis redescend jusqu'au bord antérieur de l'acetabulum, pour enfin se recourber sur ce dernier et déboucher dans le pore génital.

Pore génital placé à gauche, à côté du bord interne du cæcum intestinal, du même côté.

Vitellogènes occupant l'espace compris entre la bifurcation intestinale et la moitié de la longueur des cæcums, aussi bien en dehors des cæcums que sur eux et entre eux ; pourtant, la majeure partie des follicules sont dans la zone extracæcale.

Vessie excrétrice en V, avec son pore excréteur dans la zone sub-terminale de l'extrémité postérieure, dans la dépression du bord postérieur du corps.



FIG 2. — Détails de la poche du cirre, de la terminaison de l'utérus et des pores génitaux de *Langeronia macrocirra*.

Hôte : *Rana pipiens*.

Localisation. — Intestin.

Distribution géographique. — Mexique.

Type. — Collection helminthologique de l'Institut de biologie, n° 23-2.

Cotypes. — Collection de parasitologie de l'Ecole nationale des sciences biologiques, I.P.M. à l'U.S. National Museum.

***Langeronia* n.g.**

Lecithodendriidae, *Pleurogeninae*. — Corps conique ; extrémité postérieure arrondie avec une dépression au niveau du pore excréteur ; cuticule entièrement couverte d'épines. *Ventouse orale* sub-terminale et

un peu plus étroite que l'*acetabulum*, ce dernier situé en avant de l'équateur. *Pharynx* petit et sphérique ; *œsophage* long et étroit ; *cæcums* intestinaux atteignant la moitié des testicules.

Testicules ovoïdes, post-acétabulaires, de diamètre transversal plus grand que le diamètre antéro-postérieur, à bords entiers, de position

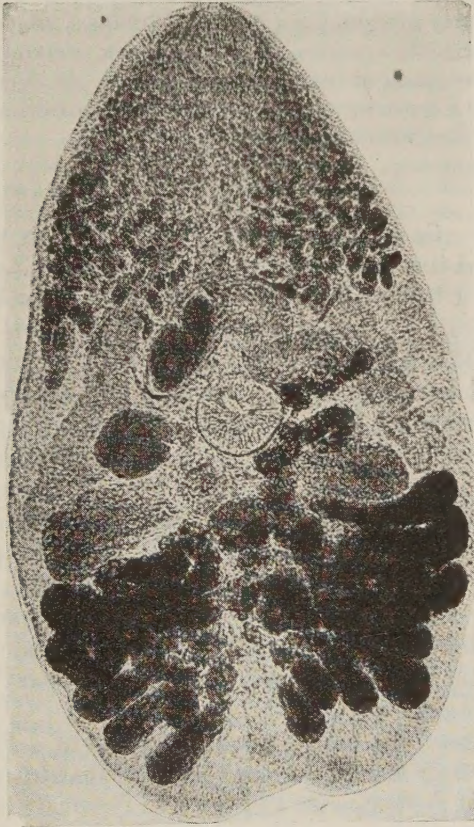


FIG. 3. — Microphotographie d'une préparation totale de *Langeronia macrocirra*. Côté ventral.

intercæcale et équatoriale. *Poche du cirre* très grande, intercæcale, occupant tout l'espace compris entre l'acétabulum et l'arc de bifurcation intestinale ; cette poche est transversale et s'étend depuis l'ovaire jusqu'au bord interne du cæcum gauche.

Vésicule séminale grande, située en dedans de la poche du cirre. *Cirre* très grand et musculueux. *Prostate* bien développée. *Pores génitaux* à gauche, le mâle grand et le femelle petit, au niveau du bord interne

du cæcum gauche, légèrement en avant de la partie latéro-médiane de l'acetabulum. *Ovaire* ovale ou sphérique, intercæcal, situé à droite, à la hauteur de l'acetabulum ou en contact de la poche du cirre. *Réceptacle séminal* présent, post-acetabulaire ; *glande de Mehlis* présente. *Utérus* formé de nombreuses anses transversales, occupant toute l'aire post-testiculaire ; anse utérine ascendante inter-testiculaire ventrale, à gauche. *Œufs* nombreux, petits, operculés, à coque lisse et jaune. *Vitellogènes* formés de follicules glandulaires pré-acetabulaires, placés dans les aires latérales extracæcales, cæcales et intercæcales, s'étendant de la bifurcation intestinale jusqu'au niveau de la poche du cirre. *Vessie excrétrice* en V, pore excréteur dans la dépression postérieure.

Espèce type : *Langeronia macrocirra*.

Intestin d'amphibiens *ranidæ*.

Discussion. — Ce trématode, par la forme de sa vessie excrétrice en V, appartient indubitablement à la famille des *Lecithodendriidæ* Odnher 1911 ; à la sous-famille des *Pleurogeninæ* Looss 1899, par la position latérale des pores génitaux, et à la tribu des *Brandesia* Skarbilovich 1943, par la position des pores génitaux au niveau de l'acetabulum et latéralement. Le nouveau genre *Langeronia*, qui est créé pour ce parasite, diffère du genre *Brandesia* Stossich 1899, par ses testicules post-acetabulaires, son ovaire prétesticulaire et ses pores génitaux au niveau du bord interne du cæcum gauche ; de *Limatulum* Travassos 1921, par les cæcums intestinaux atteignant la zone équatoriale, la poche du cirre très grande et préacetabulaire, l'ovaire latéral par rapport à l'acetabulum et les pores génitaux légèrement en avant de la partie médio-latérale gauche de l'acetabulum ; de *Palitrema* Gogate 1939, par la position des pores génitaux, par la situation de la poche du cirre et par l'extension des cæcums intestinaux.

Ce nouveau genre est dédié respectueusement à l'éminent parasitologue, le Docteur Maurice Langeron, de l'Institut de parasitologie de la Faculté de médecine de Paris.

RÉSUMÉ

Dans ce mémoire, sont décrits un genre nouveau et une espèce nouvelle de trématode appartenant à la sous-famille des *Pleurogeninæ* Looss 1899. Ce genre se distingue des autres genres de cette sous-famille principalement par la grandeur de la poche du cirre et sa situation préacetabulaire, par les pores génitaux mâle et femelle situés à gauche et au niveau du bord interne du cæcum gauche, et enfin par la longueur des cæcums intestinaux. Ce nouveau genre se place entre ceux dont le pore génital est situé sur le bord du corps et

ceux chez lesquels il se trouve à côté de l'acetabulum, au milieu ou en arrière.

BIBLIOGRAPHIE

- DAWES (B.). — *The Trematoda*, I-XVI, 1-644, London, 1946.
- FUHRMANN (O.). — Zweite Klasse des Cladus Plathelminthes : Trematoda ; *Handb. Zool. Kükenthal u. Krumbach*, II, 1928, Teil 2, 1-128.
- GOGATE (B. S.). — On a new trematode *Palitrema macrorchis*, gen. et sp. nov. from Rangoon Lizards. *Rec. Ind. Mus.*, XLI, 1939, 57-60.
- KAW (B. L.). — Studies on the helminth parasites of Kashmir. Part II. On two new trematodes of the subfamily *Pleurogenetinae* Looss, 1899 with a review of the genus *Pleurogenetinae* Looss, 1896. *Proc. Indian Acad. Sc.*, XVIII, 1943, Sect. B, 97-108.
- LOOSS (A.). — Weitere Beiträge zur Kenntniss der Trematoden Fauna Ägyptens Zugleich Versuch einen Natürlichen Gliederung des Genus *Distomum* Retzius. *Zool. Jahr. Abt. f. Syst.*, XII, 1899, 512-784.
- MACY (R. W.). — A new genus and species of Trematode from the little brown bat and key to the genera of *Pleurogenetinae*. *Proc. U.S. Nat. Museum*, LXXXIII, 1936, n° 2.986, 321-324.
- MEHRA (H. R.). — Trematode parasites of the *Pleurogenetinae* from *Rana tigrina* with a revision and synopsis of the subfamily. *Allahabad University Studies*, IV, 1928, 63-118.
- New Trematodes of the Family *Lecithodendriidae* Odhner, 1911, with a discussion of the classification of the Family. *Proc. Acad. Sci. U.P. India*, V, 1935, 99-121.
- ODHNER (T.). — *Nordostafrikanische Trematoden, grösstenteils vom Weissen Nil* (von der schwedischen Zoologischen Expedition gesammelt), Part. IV, 1911, 1-170.
- OZAKI (Y.). — On two new Genera of Frog Trematodes, *Cryptotrema* and *Microlecithus*, and a new species of *Pleurogenes*. *Jour. Fac. Sc. Imperial University of Tokyo*, Sec. IV, I, 1926, 33-44.
- SKARBILOVICH (T. S.). — Contribution to the reconstruction of the taxonomy of the Trematodes of the family *Lecithodendriidae* Odhner, 1911. *Comptes Rend. (Doklady). Acad. Sc. U.R.S.S.*, XXXVIII, 1943, 223-224.
- TRAVASSOS (L.). — Contribuições para o conhecimento da fauna helmintológica brasileira. XV. Sobre as especies brasileiras da familia *Lecithodendriidae* Odhner, 1911. *Arch. Esc. Sup. Agr. Med. Vet.*, V, 1921, 73-79.
- Contribuição para o conhecimento dos *Lecithodendriidae* do Brasil. *Mem. Inst. Osw. Cruz*, XXI, 1928, 188-194.
- Pesquisas helminthologicas realizadas en Hamburgo. V. Género *Prosoctus* Looss, 1899 (Trematoda : *Lecithodendriidae*). *Mem. Inst. Osw. Cruz*, XXIV, 1930 a, 57-61.
- Pesquisas helminthologicas realizadas en Hamburgo. VI. Género *Pleurogenoides* Travassos, 1921. *Mem. Inst. Osw. Cruz*, XXIV, 1930 b, 63-71.

*Laboratoire d'helminthologie de l'Institut de biologie
de l'Université nationale du Mexique (Mexico)
(Directeur : Dr Eduardo Caballero y Caballero)*

ESSAI DE CLASSIFICATION DES CÉNURES (1)

Par Juan J. ANGULO et Agustin L. ROQUE

L'examen des travaux publiés montre que les cénures peuvent présenter plusieurs types de développement. En effet, on a trouvé dans une seule cavité de nombreux cénures de forme régulière et aussi de forme irrégulière. D'autre part, Henry et Ciuca (1914), Railliet et Marullaz (1919), Schwartz (1927), Coutelen (1944), Angulo et Roque (1948) ont rapporté des cas dans lesquels des cénures de forme irrégulière se sont développés dans des membranes réactionnelles alvéolaires, en rayon de miel. On sait peu de chose sur le développement des cénures et sur les causes de leur polymorphisme. Il a été entrepris peu d'expériences pour résoudre ce problème et il ne semble pas qu'on ait essayé d'établir une classification des cénures.

Une larve voisine, l'hydatide, a été étudiée à fond et la classification de ses types de développement (Dévé, 1912) a été généralement acceptée, quoiqu'avec des modifications de nomenclature. Dévé (1916) et Dew (1925) ont étudié expérimentalement le développement de quelques types d'hydatides, et étudié aussi des hydatides développées spontanément (Dévé, 1912 et 1918 ; Dew, 1925). Ils ont conclu que le développement des hydatides peut être influencé par plusieurs facteurs, dont la révision est donnée ci-dessous.

Dans ce travail, nous proposons une classification des cénures suivant leurs types de développement et nous passons en revue les facteurs qui peuvent provoquer l'apparition de ces divers types.

CLASSIFICATION PROPOSÉE

Deux spécimens de cénures ont été étudiés : *Multiceps serialis* (1944) et *Multiceps* sp. (1948). Tous deux ont été rencontrés chez *Capromys pilorides*. *Multiceps serialis* était nettement diverticulé, mais s'était développé dans une cavité simple, de forme régulière,

(1) Traduit de l'anglais par le Dr Maurice Langeron.

recouverte par une membrane réactionnelle lisse. *Multiceps* sp., bien que de même largement diverticulé, s'était développé dans une membrane réactionnelle irrégulière, alvéolaire. Beaucoup de descriptions analogues et des cas de cénures non diverticulés existent dans la littérature. Comme il y a des variations dans la diverticulation des cénures et dans la structure des membranes réactionnelles correspondantes, il apparaît que les cénures peuvent être répartis en plusieurs types.

Des cénures de forme régulière, sans diverticules, situés, chez l'hôte, dans des cavités simples, ont été observés par Numan (*in* Hall, 1910, Kunsemüller (1903), Moussu et Dallar (*in* Hall, 1910), Hall (1910), Henry et Ciuca (1914), Blacklock et Southwell (1935) et par Coutelen (1944).

Des cénures de forme irrégulière, diverticulés, mais développés dans des cavités simples de l'hôte, ont été décrits par Kunsemüller (1903), Henry et Ciuca (1914), Bonnal, Joyeux et Bosch (1933), Brumpton, Duvoir et Sainton (1934), Cannon (1942), Roger, Sautet et Paillas (1942), Coutelen (1944) et Kouri et Angulo (1944).

Les vésicules non diverticulées peuvent donc être réunies sous le nom de *cénures réguliers, uniloculaires* et les cénures diverticulés peuvent être désignés par le nom de *cénures irréguliers uniloculaires*. Le type de structure des cénures décrits par Henry et Ciuca (1914), Railliet et Marullaz (1919), Schwartz (1927), Coutelen (1944) et par Angulo et Roque (1948), montre qu'il existe un autre type de développement, celui des *cénures multiloculaires*.

Cette classification se trouve confirmée par une comparaison entre les cénures et les hydatides. Les cénures uniloculaires et les hydatides sont évidemment semblables. Les cénures et les hydatides multiloculaires présentent des caractères communs importants : membrane réactionnelle alvéolaire, abondance de vésicules stériles et petite taille de ces vésicules. Les cénures et les hydatides sont les seules larves de cestodes renfermant plusieurs scolex dans une seule vésicule et formant des vésicules filles.

Une étude minutieuse des descriptions existant dans la littérature démontre la nécessité de reconnaître deux sous-types de cénures uniloculaires. Le cénure régulier uniloculaire paraît caractéristique des cénures développés dans le cerveau, tandis que les formes irrégulières uniloculaires et les cénures multiloculaires paraissent se développer dans le tissu conjonctif. La présence simultanée de ces deux types, uniloculaire et multiloculaire, dans le même cénure (Railliet et Marullaz, 1919 ; Coutelen, 1944), indique qu'aucun de ces deux types de structure n'est un caractère spécifique. Cette hypo-

thèse est appuyée par des constatations analogues (Dévé, 1912 ; Dew, 1926) chez des hydatides de bovins et de moutons. Comme la membrane réactionnelle est la réponse de l'hôte à la présence du

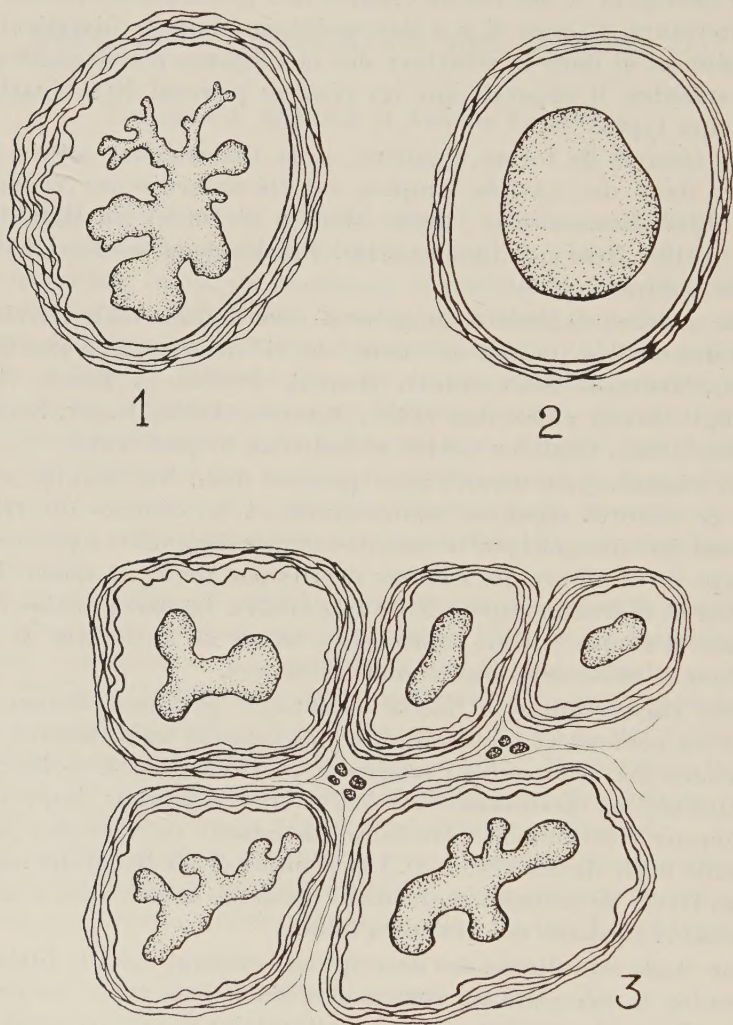


Fig. — 1, Cénure uniloculaire irrégulier ; 2, cénure uniloculaire régulier ; 3, cénure multiloculaire.

parasite, il est évident que la membrane réactionnelle réticulée du cénure multiloculaire dépend d'un type larvaire défini.

La figure rend compte de cette classification des cénures. Les définitions des types de cénures proposés sont les suivantes :

I. CÉNURE UNILOCAIRE. — C'est la larve des espèces du genre *Multiceps* Goeze 1782, développée dans une cavité unique. La membrane réactionnelle, ou le tissu de l'hôte légèrement modifié, est périphérique et peut présenter une diverticulation. On reconnaît deux sous-types :

A. *Cénure uniloculaire régulier*. — Vésicule de forme régulière, avec diverticules rares ou peu visibles.

B. *Cénure uniloculaire irrégulier*. — Vésicule de forme irrégulière, résultant de la présence de vésicules filles, avec diverticules et scolex évaginés.

II. CÉNURE MULTILOCAIRE. — Larve des espèces du genre *Multiceps* Goeze 1782, formée de nombreuses vésicules développées à l'intérieur des cavités d'une membrane réactionnelle en gâteau de miel. Dans ce type, les vésicules sont petites et il y en a souvent de stériles.

La principale différence pratique entre les cénures uniloculaires et multiloculaires est que les premiers peuvent être isolés en entier du tissu de l'hôte, ce qui n'est pas possible pour les autres. Des vésicules de type différent peuvent coexister étroitement, mais ce fait n'est pas en contradiction avec la classification ci-dessus. La distinction de ces types de cénures des divers types d'hydatides et des cysticerques, cysticercoïdes, etc..., se fait au moyen des caractères suivants, pris en totalité ou séparément : histologie de la paroi de la vésicule, lieu d'origine des scolex, présence de diverticules et de vésicules filles, nombre des scolex par vésicule, tissu dans lequel la larve se développe.

De notre définition du cénure multiloculaire, on peut conclure que le cénure dénommé multiloculaire par Cobbold (1861) n'était pas en réalité multiloculaire, parce qu'il n'y a pas de preuve, dans sa description ultérieure (1864), qu'il se trouvait dans une membrane réactionnelle en gâteau de miel. La larve de Cobbold doit donc être considérée comme un cénure uniloculaire irrégulier.

Dew (1926) a proposé une classification des hydatides, mais a fait un mauvais usage des termes scientifiques en les appliquant aux types morphologiques de cénures et à la spécification de l'hôte. Il a employé aussi une nomenclature (kyste simple univésiculaire, kyste multiloculaire et masses polykystiques) qui augmente la confusion déjà existante dans la nomenclature des hydatides. De plus, la membrane réactionnelle n'est pas prise en considération dans cette classification.

DISCUSSION DES FACTEURS DE CROISSANCE

D'après Henry et Ciuca (1914), on observe des vésicules filles dans le cénure de *Multiceps serialis* au bout de six à huit mois, aussi

croyaient-ils que le type multiloculaire résulte de l'âge. Les cénures de *Multiceps serialis* décrits par Bonnal, Joyeux et Bosch (1933), par Brumpt, Duvoir et Sainton (1934) et par Kouri et Angulo (1944) atteignaient une grande dimension, portaient beaucoup de scolex bien développés, mais ne montraient pas de partition entre les vésicules filles. Au contraire, le cénure trouvé par Angulo et Roque (1948) était petit, les scolex étaient peu nombreux et incomplètement développés, mais il était multiloculaire. Il apparaît donc que l'âge de la larve n'est pas un facteur décisif dans le développement des cénures multiloculaires. Henry et Ciuca (1914) rapportent aussi que lorsque plusieurs scolex se développent en même temps enkystés, le cénure *primitif* ne peut être distingué des cénures secondaires.

Coutelen (1944) croyait que la morphologie irrégulière de quelques cénures de *M. serialis* était due à des facteurs locaux mécaniques, tels que des tractus fibreux, des aponévroses, des tendons, de gaines de nerfs ou de vaisseaux sanguins, etc..., et aussi à la traction et aux pressions soudaines, fortes et successives, exercées sur le cénure par les contractions musculaires de l'hôte, le tout agissant comme obstacle au développement du cénure. Il insiste sur le fait que les cénures développés librement dans les cavités séreuses ont une forme régulière, tandis que ceux des tissus conjonctifs sous-cutané ou intramusculaire présentent de nombreux diverticules. Comme cause possible de la morphologie irrégulière des larves de *M. serialis*, Coutelen (1944) signale les irrégularités de la membrane réactionnelle et aussi sa cuticule mince et délicate, par comparaison avec la cuticule épaisse, résistante et lamelleuse de l'hydatide. Un cénure de *M. serialis* de forme irrégulière (Kouri et Angulo 1944) a acquis une grande taille à l'intérieur d'une membrane réactionnelle régulière, kystique, dont la surface interne était très lisse, sans la moindre poche. Clapham (1942) soutenait que *M. serialis* et *M. multiceps* étaient la même espèce. Les cénures réguliers de *M. multiceps*, qu'on trouve dans le cerveau des moutons, ont une cuticule mince et délicate, mais ne sont pas polymorphes. Aussi ne sommes-nous pas de l'avis de Coutelen en ce qui concerne l'importance des irrégularités et de la minceur de la membrane réactionnelle, comme cause de la forme irrégulière de quelques cénures.

Suivant Dévé (1912 et 1916), les kystes hydatiques multiloculaires sont produits par la formation de vésicules filles exogènes. Dew (1925) prétend que les hydatides multiloculaires sont souvent dues à une croissance le long de lignes de moindre résistance, plutôt qu'à un bourgeonnement continu. Dévé (1918) et Dew (1925) croyaient

que la formation des vésicules filles dans les kystes hydatiques uniloculaires résulte d'une interférence avec son développement normal et, par conséquent, qu'elle peut être considérée comme un mécanisme de défense en vue de la reproduction. Dévé (1912) croyait que l'hydatide, dite multiloculaire, des os n'est pas une forme définitive, mais simplement un artifice morphologique provoqué par la structure osseuse alvéolaire sur un parasite plastique. Dévé (1916) considérait que la formation de vésicules filles intracuticulaires dans une hydatide osseuse est due à un mécanisme de défense en vue de la reproduction.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient le D^r Irving Rappoport, du Collège médical de l'Université Cornell, pour son assistance dans la préparation du manuscrit, et le D^r Pédro Kouri, de l'Institut de médecine tropicale de l'Université de la Havane, pour les facilités qu'il nous a accordées dans son laboratoire.

RÉSUMÉ

Une classification est proposée pour les cénures, suivant leurs types de structure ; elle est basée sur l'étude de deux cas, ainsi que sur les descriptions publiées par d'autres auteurs. Les deux types proposés sont le type uniloculaire et le type multiloculaire. Le cénure uniloculaire est divisé en outre en deux sous-types : régulier et irrégulier. Ces types de structure n'ont probablement aucun rapport avec les espèces. Les facteurs qui gouvernent ces types sont passés en revue et discutés.

BIBLIOGRAPHIE

- ANGULO (J. J.) et ROQUE (A. L.). — *J. Parasit.*, XXXIV, 1948.
BLACKLOCK (D.) et SOUTHWELL (T.). — *A Guide to Human Parasitology*, Baltimore, William Wood Co, 1935.
BONNAL (G.), JOYEUX (C.) et BOSCH (P.). — *Bull. Soc. Path. Exot.*, XXVI, 1933, 1060.
BRUMPT (E.), DUVOIR (M. E.) et SAINTON (J.). — *Ann. Parasit.*, XII, 1934, 371.
CANNON (D. A.). — *Ann. Trop. Med. Parasit.*, XXXVI, 1942, 32.
CLAPHAM (P. A.). — *J. Helminth.*, XX, 1942, 31.
COBBOLD (T. S.). — *Proc. Zool. Soc. London*, 1861, 117.
— *Entozoa: An Introduction to the Study of Helminthology*, London, Groombridge and Sons, 1864.
COUTELEN (F.). — *C.R. Soc. Biol. Paris*, CXXXVIII, 1944, 104.

- DÉVÉ (F.). — *Premier Congrès international de Pathologie Comparée*, 1912, 363.
- *Arch. Méd. Exp.*, XXVIII, 1916, 113, 301 et 357.
- *Presse Méd.*, XXVI, 1918, 413.
- DEW (H. R.). — *Med. J. Australia*, XI, 1925, 101, 497.
- *Med. J. Australia*, XII, 1926, 301.
- HALL (M. C.). — *U.S. Dpt. Agric., Bureau Anim. Ind., Circular* 165, 1910.
- HENRY (A.) et CIUCA (A.). — *Ann. Inst. Pasteur*, XXVIII, 1914, 365.
- KOURI (P.) et ANGULO (J. J.). — *Rev. Med. Trop. Parasit.*, La Havane, X, 1944, 64.
- KUNSEMÜLLER (F.). — *Zool. Jahrb., Abth. Anat. Ontog. Thiere*, XVIII, 1903, 507.
- RAILLIET (A.) et MARULLAZ (M.). — *Bull. Soc. Path. Exot.*, XII, 1919, 223.
- ROGER (H.), SAUTET (J.) et PAILLAS (J. E.). — *Rev. Neurol.*, LXXIV, 1942, 319.
- SCHWARTZ (B.). — *J. Agric. Res.*, XXXV, 1927, 471.

*Université de la Havane, Cuba, Ecole de Médecine.
Départements de pathologie expérimentale et d'histologie.*

LES HELMINTHES PARASITES DES BOVIDÉS

A ASTRIDA (RUANDA-URUNDI)

Par A. FAIN et O. DE RAMÉE

Les helminthes cités ci-dessous ont été identifiés sur des exemplaires adultes découverts au cours d'autopsies ou directement sur le vivant, à la section vétérinaire d'Astrida. Nos investigations ont porté sur le bétail indigène, le seul existant au Ruanda-Urundi.

Le Ruanda-Urundi est un plateau montagneux, à altitude variable (entre 1.400 et 2.400 mètres), couvert dans sa plus grande partie de pâturages qui nourrissent un bétail bovin très abondant, qu'on peut évaluer à près d'un million de bêtes.

Ce bétail aurait été introduit, il y a plusieurs siècles, par les peuplades Bahéma (actuellement appelées Watusi), venues à l'époque des régions de l'Abyssinie, pour s'établir au Ruanda-Urundi.

La quasi-totalité de ces bovidés appartient à des propriétaires indigènes, qui en pratiquent l'élevage suivant des procédés très primitifs. Ces conditions défavorables, auxquelles s'ajoutent la mauvaise qualité des pâturages naturels et l'existence d'enzooties et de parasitoses graves, ont créé une race de bovidés très médiocre dans son ensemble.

Dans le présent travail, nous voulons attirer l'attention sur l'importance que présente le parasitisme par les helminthes chez les bêtes bovines au Ruanda-Urundi.

I. — CESTODES

1. *Moniezia expansa* Rudolphi 1810. — Découvert dans l'intestin grêle chez deux bovidés.

2. *Cysticercus bovis*. — La larve du *Tænia saginata* Gœze se rencontre chez 80 p. 100 des bêtes à l'abattoir (sur plusieurs centaines de bêtes examinées). On trouve les cysticerques avec le maximum de fréquence dans les muscles du cou. Le cœur est également très souvent parasité. La langue et les autres muscles (masséter, diaphragme,

œsophage) sont moins souvent atteints. L'extrême fréquence de la laderie bovine est la raison principale de la dépréciation du bétail ruandais sur les marchés des pays voisins. Elle trouve son origine dans le mode de vie très primitif de l'indigène, qui abrite généralement son bétail pour la nuit dans l'enclos entourant sa case ou même à l'intérieur de celle-ci. Cette promiscuité séculaire, combinée à une parfaite insouciance des règles élémentaires d'hygiène de la part de l'indigène, réalisent des conditions idéales pour la transmission de ce *tænia*.

3. *Cysticercus tenuicollis* Rudolphi. — La larve du *Tænia hydatigena* Pallas a été trouvée à plusieurs reprises dans la cavité péritonéale des bovidés, soit libre, soit lâchement accolée aux viscères, principalement le foie.

II. — TRÉMATODES

1. *Fasciola gigantica* Cobbold 1855. — C'est la seule douve rencontrée dans les canaux biliaires. Les dimensions varient entre 3,5 et 5 cm. de longueur sur 0,5 et 1,2 cm. de largeur. La moitié des bovidés examinés (une centaine environ) étaient porteurs de cette douve. Les infestations massives, accompagnées de lésions graves du foie, ne sont nullement rares et elles s'accompagnent presque toujours de symptômes cliniques apparents (cachexie progressive).

2. *Cotylophoron cotylophorum* Fischæder 1901. — Ce trématode est extrêmement fréquent, on le rencontre chez les 9/10^e des bêtes. La panse en héberge le plus grand nombre, mais on le trouve également dans les autres poches de l'estomac.

3. *Carmyerius* sp. — Chez un bœuf, nous avons découvert dans la panse un grand nombre d'exemplaires d'un trématode appartenant au genre *Carmyerius* Stiles et Goldberger 1910. Notre espèce se rapproche de *Carmyerius spatiosus* par la longueur des cæcums qui dépassent le milieu du corps en arrière. Elle s'en distingue cependant par la situation de la ventouse postérieure qui est terminale et par les dimensions moindres du pharynx.

Nos exemplaires mesurent en moyenne entre 8 et 12 mm. de long, les plus grands atteignent 15 mm., les plus petits n'ont que 3 mm. L'extrémité postérieure du corps a une forme cylindrique, elle porte la ventouse terminale d'un diamètre de 1,5 à 2 mm.

L'ovaire a un diamètre de 250 μ environ, les testicules sont allongés, ils mesurent environ 500 à 600 μ de longueur sur 250 à 300 μ de largeur.

III. — NÉMATODES

1. *Neoscaris vitulorum* Goeze 1782. — Ce ver a été trouvé dans l'intestin grêle d'un veau à Astrida.

2. *Bunostomum phlebotomum* Railliet 1900. — Dans la caillette et le duodénum, chez la plupart des bovidés. Les jeunes bêtes semblent atteintes dans les mêmes proportions que les adultes.

3. *Hæmonchus contortus* Rudolphi 1803. — Ce ver est presque toujours associé à *Bunostomum phlebotomum*. On le rencontre surtout dans le feuillet et la caillette, plus rarement dans le réseau ou dans le duodénum.

4. *Æsophagostomum radiatum* Rudolphi 1803. — Les formes adultes sont fréquemment rencontrées dans le gros intestin des bovidés. La forme larvaire nodulaire a également été constatée dans les parois de l'intestin grêle, dans sa portion terminale.

5. *Thelazia rhodesi* Desmaret 1827. — Sur 250 animaux examinés, 67 étaient porteurs de *Thelazia* adultes et, chez 12 bêtes, on pouvait noter de l'opacification de la cornée. Tous les vers furent découverts dans le cul-de-sac conjonctival. Chez 6 bêtes abattues, atteintes de kératite, nous avons exploré toutes les membranes oculaires sans pouvoir mettre des vers adultes en évidence à l'intérieur de celles-ci.

6. *Parafilaria multipapillosa* Condamine et Drouilly 1878. — Un exemplaire femelle appartenant à cette espèce a pu être extrait d'un bouton cutané hémorragique, au moment où le ver cherchait à sortir en passant son extrémité antérieure à travers le petit orifice de la lésion cutanée. L'un de nous eut la bonne fortune d'assister à cette opération, il put saisir délicatement le ver dans une pince, alors que celui-ci était déjà sorti d'un centimètre environ, et l'extraire entièrement sans dégât. L'examen du ver a montré qu'il s'agit d'une femelle gravide de *Parafilaria multipapillosa*.

Nous ignorons si la sortie spontanée et active d'une femelle au niveau d'un bouton hémorragique a déjà été observée auparavant. L'évolution de ce ver est encore inconnue. On peut se demander si le fait constaté par nous relève de circonstances fortuites, purement accidentelles, ou s'il s'agit au contraire d'un phénomène constant correspondant à une phase obligatoire dans le développement de ce ver.

Voici les principales mensurations de notre exemplaire :

Longueur : 42 millimètres.

Largeur maxima : 400 μ .

Longueur de l'œsophage : 213 μ .

Vulve située à 98 μ de l'extrémité antérieure.

Anus à 90 μ de l'extrémité postérieure.

Stries transversales du corps distantes d'environ 3 μ .

La position de la vulve (à 98 μ de l'extrémité antérieure) ne permet pas de ranger notre spécimen dans l'espèce *Parafilaria bovicola*, chez qui la vulve est beaucoup plus rapprochée de l'extrémité antérieure (54 à 56 μ). Nous déterminons provisoirement notre exemplaire comme *Parafilaria multipapillosa*.

Les boutons hémorragiques se rencontrent, toujours en petit nombre, surtout au niveau de l'encolure. L'affection n'existe que pendant une période relativement courte de l'année, allant du mois de mars au mois de juin et correspondant à la fin de la saison des pluies.

7. *Setaria labiato-papillosa* Alessandrini 1838. — Cette filaire est très souvent rencontrée dans la cavité péritonéale des bovidés. Un exemplaire femelle a été découvert en plein tissu musculaire.

**OBSERVATIONS BIOLOGIQUES SUR
LES PARASITES D'HÉMIPTÈRES HÉTÉROPTÈRES
A RICHELIEU (INDRE-&-LOIRE) EN 1946, 1947, 1948 ⁽¹⁾**

Par **Claude DUPUIS**

Au cours de trois séjours à la Station Expérimentale de Richelieu (Indre-et-Loire), durant les étés 1946, 1947, 1948, j'ai poursuivi une série de recherches destinées à faire connaître, aussi complètement que possible, les formes larvaires, la systématique, les hôtes, la physiologie, l'écologie, et, d'une façon générale, la biologie des divers parasites (notamment Diptères et Hyménoptères) des Hémiptères Hétéroptères.

Malgré la publication de plusieurs contributions, bien des faits acquis restent inédits. Je me propose, dans le présent travail — laissant de côté les questions de morphologie larvaire et de systématique (2) — de présenter les observations effectuées à Richelieu (Partie I) et d'en dégager quelques données nouvelles, qu'elles apportent au point de vue biologique (Partie II).

**I. — DÉTAIL DES OBSERVATIONS DE PARASITES
CHEZ DIVERSES ESPÈCES D'HÉTÉROPTÈRES**

Cette première partie est, tout d'abord, une liste d'observations classées selon l'espèce de l'Hétéroptère-hôte considéré, et pour chacune des années 1946, 1947, 1948. Les renseignements fournis sont :

(1) *Septième contribution à l'étude des Phasiinae cimicophages* (Précédentes contributions : I-VI, cf. liste bibliographique). — *Seconde contribution à l'étude des Hyménoptères cimicophages* (Précédente contribution : I p.p.). Ce travail a été effectué pour partie à la station expérimentale de Richelieu (Indre-et-Loire) (Directeur : Professeur Emile BRUMPT) et pour partie au Laboratoire de Parasitologie Comparée de l'Ecole des Hautes Etudes (Hautes Etudes et C.N.R.S.) (Directeur : Robert-Ph. DOLLFUS). Pour les facilités de travail que je leur dois, je prie MM. E. BRUMPT, R.-Ph. DOLLFUS, A. URBAIN (Directeur du Muséum), R. JEANNEL (professeur au Muséum) et L. CHOPARD (sous-directeur au Muséum) de trouver ici l'expression de toute ma gratitude.

(2) Ces questions — qu'il est indispensable de préciser, car elles sont la base de toute étude biologique — seront reprises ultérieurement dans le cadre d'études monographiques consacrées aux divers groupes de parasites. La biologie des Braconides parasites des *Palomena*, *Holcostethus*... ne sera pas étudiée dans le présent travail, car leur identité reste toujours inconnue.

le nombre d'individus (♂♂, ♀♀, divers stades larvaires) de l'hôte observé, et éventuellement des données écologiques, ainsi que le détail de tous les cas de parasitisme observés (date, éventuellement station écologique, sexe et stade de l'hôte, identité et stade du parasite, etc...).

A cette liste, sont incorporés des remarques concernant l'inventaire des hôtes et parasites.

Ces détails seront utiles en eux-mêmes et il y sera renvoyé dans la seconde partie de ce travail ; en outre, les données que je me propose de publier ultérieurement sur la morphologie des parasites et sur les Braconides, parasites de Pentatomides, s'y référeront quant aux données biologiques.

ABBREVIATIONS

Chaque cas de parasitisme est affecté d'un numéro d'ordre et d'une lettre : **P** indique que le parasite est un *Phasiinæ* (Diptères *Larvæovridæ*), **E** qu'il s'agit d'un Hyménoptère (probablement un Braconide de la sous-famille *Euphorinæ*). On aura ainsi **P 61**, **P 62...**, **E 73**, **E 74...**, **E 68-P 149** implique un cas de parasitisme simultané. Les dates sont données en chiffres : jour, mois, année. *Ex.* : 1-8-1946 = Premier août 1946.

Les stades larvaires successifs des *Phasiinæ* sont notés : larve I, larve II, larve III.

Les stades préimaginaux successifs des Hétéroptères-hôtes sont notés : st. I, st. II..., st. V, *St. juv.* si les divers stades préimaginaux ont été confondus. Les imagos sont notés *im.* : *im.* ♂, *im.* ♀.

Enfin, les œufs de *Phasiinæ* sont notés par la lettre grecque ω.

A. — Parasites d'hôtes de la superfamille

PENTAMOIDEA (O. M. REUTER 1912)

a. — FAMILLE SCUTELLERIDÆ

1. — Parasites d'*Eurygaster maura* (L. s. str.) W. E. China et *E. testudinaria* (Geoffroy) China

Parasites :

P 92, 1-8-1946. — *Stylogymnomyia nitens* (Mg.), Larve II, ex. *E. testudinaria* (Geoffroy), *im.* ♂.

P 93, 1-8-1946. — *Phasiinæ* d'espèce indéterminée, ω sur *E. testudinaria*, *im.* ♀.

P 94, 29-7-47. — *Gymnosoma* sp., larve I in ω sur *E. maura* (L.) China, *im.* ♀.

HÔTES OBSERVÉS :

	<i>Eurygaster maura</i>			<i>Eurygaster testudinaria</i>		<i>Eurygaster sp.</i>	
	25-7 à 9-8-1946	21-7 à 8-8-1947	15-8 à 7-9-1947	1-3-19 46	21-7 à 26-7-1947	25-7 à 10-8-1947	16-8 à 31-8-1948
<i>Im</i> ♂.....	2	2	2	1	0	1	0
<i>Im</i> ♀.....	1	5	1	1	1	2	0
<i>St.</i> V.....	0	1	0	0	1	4	2
<i>St.</i> IV.....	0	0	0	0	0	1	1

Remarques. — Les deux espèces : *Eurygaster maura* (L.) et *E. testudinaria* (Geoffroy), n'ont été reconnues comme telles que depuis les observations de H. RIBAUT (1926) ; leur nomenclature n'est précisée que depuis les remarques de W. E. CHINA (1927), de sorte que la distinction entre elles n'apparaît que rarement dans les travaux biologiques.

On connaît des parasites d'*E. maura*, mais sans savoir si l'hôte dont il s'agit est *Eurygaster maura* (L.) *s. str.* ou *E. testudinaria* (Geoffroy). Ce sont :

1° *Ectophasia crassipennis* (F.) (3) (S. MOKRZECKI 1894, d'après le même, 1926 ; N. A. DOBROVOLSKI 1921, d'après *Rev. Appl. Ent.*, **A.** XI, p. 452 ; A. V. ZNAMENSKI 1926, d'après W. TISCHLER 1938, p. 351 ; M. HIBRAOUI 1930, p. 55 ; MANNINGER 1933, d'après TISCHLER *l. c.* ; O. MICHALK 1940, p. 166).

2° *Helomyia lateralis* (Meigen) (A. V. ZNAMENSKI 1926, d'après TISCHLER *l. c.*).

Les observations de Richelieu apportent donc à la fois des précisions sur l'espèce des hôtes, selon le cas *Eurygaster maura* (L.) ou *E. testudinaria* (Geoffroy), et au moins un parasite nouveau des *Eurygaster* de ce groupe : *Stylogymnomyia nitens* (Meigen) (*cf.* liste des hôtes connus in Contribution IV p. 415).

(3) = *Phasia crassipennis* Auct. Le genre *Phasia* P.-A. LATREILLE (*Nouveau Dict. d'Hist. Nat.*, tome 24, An XII, p. 195) a pour Gécrototype (désigné par LATREILLE, in « Considérations générales sur l'ordre des animaux... », 1810, p. 444) la *Thereva subcoleoptrata* de FABRICIUS. Cette dernière espèce, rangée par GIRSCHNER (1887), dans son genre « *Alophora* », est morphologiquement et biologiquement trop différente de la *Thereva crassipennis* F. pour que les deux espèces puissent rester dans un même genre. Il convient d'adopter pour *Th. crassipennis* le seul nom de genre créé à son intention : *Ectophasia* C. H. T. TOWNSEND (*Proc. Ent. Soc. Washington*, XIV, 1912, p. 45). [Cf. pour ces questions de nomenclature, ma contribution VI].

2. — Parasites d'*Eurygaster austriaca* (Schrank)

HÔTES OBSERVÉS : 24 juillet 1946, 1 im. ♂, 1 im. ♀.

Parasites : P 164, 24-7-1946. — *Gymnosoma* sp., larve I, in ω sur im. ♂.

Remarque. — Le seul *Phasiinæ* parasite d'*E. austriaca* connu à ce jour était *Clytiomyia* (s. str.) *helluo* (F.) (réf. in Contribution III, p. 209). Il est à noter que *Gymnosoma* sp., parasite nouveau d'*E. austriaca*, a été trouvé également chez *E. testudinaria* (Geoffroy) (v. ci-dessus).

b. — FAMILLE PENTATOMIDÆ s. str. (4)

α . — Sous-famille Pentatominæ

1. — Parasites de *Pentatoma rufipes* (L.)

[= *Tropicoris rufipes* Auct.]

Références : Contribution III, p. 202, et IV, p. 427.

1946. — HÔTES OBSERVÉS (du 22 au 29 août) : 5 im. ♂, 7 im. ♀, 1 st. V ♂.

Parasites : P 2, 25-8-1948. — *Phasiinæ incertæ sedis*, larve III (description in Contribution IV, l.c.), ex. im. ♀.

1947. — HÔTES OBSERVÉS (du 17 juillet au 24 août) : 74 im. ♂, 62 im. ♀, 2 st. V.

Parasites : P 60, 24-7-1947. — *Phasiinæ* même sp., larve III, ex. im. ♀.

P 66, 28-7-47. — *Phasiinæ* même sp., larve III, ex. im. ♀.

P 69, 2-8-47. — *Phasiinæ* même sp., larve III, ex. im. ♂.

2. — Parasites de *Rhaphigaster nebulosa* (Poda)

[= *R. griseus* (F.) Auct.]

1946. — HÔTES OBSERVÉS (du 20 août au 1^{er} septembre) : 1 im. ♂, 4 im. ♀, 32 st. juv. (IV et V). Aucun parasite.

1947. — HÔTES OBSERVÉS (du 28 juillet au 14 août) : 3 im. ♂, 4 im. ♀, 16 st. V.

Parasites : P 67, 28-7-1947. — *Allophora aurigera* Egger [= *bonapartei* Rondani (5)], larve II, ex. im. ♀.

(4) La systématique des *Pentatomoidea* est entièrement à revoir. Que sont, en ces conditions, les *Pentatomidæ* s. str. ? J'ai voulu marquer, par cette notation, qu'il faut en exclure au moins les *Acanthosomatidæ* (cf. Contribution III, p. 208, note infrapaginale 3).

(5) Synonymie, cf. Contribution IV, p. 432.

Remarques. — *Phasiinæ* connus de *Rhaphigaster nebulosa* :

1° *Ocyptera bicolor* Olivier (L. DUFOUR 1827).

2° *Ectophasia crassipennis* (F.) (L. DUFOUR 1848, pp. 427-428).

3° *Gymnosoma rotundatum* (L.) s. l. (J. KÜNCKEL 1879).

Allophora aurigera Egger, uniquement connu jusqu'ici de *Palomena prasina* L. (O. MICHALK 1938 a, p. 259 ; C. DUPUIS, Contributions I ; III, p. 206 ; IV, p. 415), est donc un parasite nouveau pour *Rhaphigaster nebulosa*.

3. — Parasites de *Dolycoris baccarum* (L.)

1947. — HÔTES OBSERVÉS (du 23 juillet au 15 août) : 2 im. ♂, 8 im. ♀, 5 st. V, 2 st. IV, 1 st. II ! (6).

Parasites : E 81, 29-7-1947. — *Euphorinæ* (?), larve au dernier stade, ex. st. V ♂ ; station XII.

E 55, 8-8-1947. — *Euphorinæ* (?), larve au dernier stade, ex. st. V ; station XII.

1948. — HÔTES OBSERVÉS (du 7 août au 21 septembre) : 15 im. ♂, 20 im. ♀, 1 st. V ♂, 1 st. V ♀, 1 st. IV ♂, 1 st. II ! (6).

Parasites : P 144, 8-8-1948. — *Ocyptera brassicaria* (F.), larve II, ex. im. ♀ ; station XII.

P 152, 28-8-1948. — *Ocyptera brassicaria* (F.), exuvie de larve II, ex. im. ♀ abandonné par la larve III ; station XVI.

P 156, 15-9-1948. — *Ocyptera brassicaria* (F.), larve II, ex. im. ♂ ; station XIX.

P 160, 17-9-1948. — *Ocyptera brassicaria* (F.), exuvie de larve II, ex. im. ♀ abandonné par la larve III ; station XIX.

E 73, 9-9-1948. — *Euphorinæ* (?), larve au dernier stade, ex. st. V ♀ ; station XVII.

R 3-708 (7), 24-8-1948. — juv. *Mermithidæ* (Nématodes), ex. im. ♂ ; station XII.

Remarques. — *Phasiinæ* connus de *Dolycoris baccarum* :

1° *Ocyptera brassicaria* (F.) (J. C. NIELSEN 1909, p. 77, 1918 ;

(6) On notera — anticipant en cela sur des données ultérieures — que *Dolycoris baccarum* (L.) semble avoir, à Richelieu, deux générations dans l'année. C'est ce qu'implique la présence de st. II au sein d'une population bien plus âgée et aussi la prédominance d'imagos ♂♂ sur les ♀♀. En règle générale, les ♂♂ apparaissent avant les ♀♀ et sont, de ce fait, un temps plus nombreux. Mais, et ce semble être le cas ici, après une période d'activité génitale, et des accouplements, les ♂♂ disparaissent avant les ♀♀. *Dolycoris baccarum* aurait donc, à Richelieu, une seconde période d'activité génitale au début de l'été (la première étant au printemps).

(7) Numéro d'ordre dans le registre « Richelieu III » d'observations parasitologiques (et notamment helminthologiques) de la Station Expérimentale de Richelieu.

O. MICHALK 1935, p. 131 ; C. DUPUIS, Contribution III, p. 205).

2° *Gymnosoma rotundatum* (L.) s. l. (H. M. MORRIS 1929 ; O. MICHALK 1935, p. 131, 1938 a, p. 257 ; W. TISCHLER 1939, p. 278 ; E. OTTEN 1940, p. 327).

3° *Ectophasia crassipennis* (F.) (O. MICHALK 1935, p. 132).

4° *Ocyptera auriceps* Meigen (E. OTTEN 1940, p. 327).

Si *Ocyptera brassicaria* est un parasite bien connu de *Dolycoris baccarum*, l'*Euphorinæ* (?), parasite des st. V, et le *Mermithidæ*, quelle qu'en puisse être l'espèce, sont des parasites entièrement nouveaux de cet Hétéroptère.

Dans le présent travail, ne pouvait être envisagée l'étude des larves d'*Euphorinæ* (?) parasites ; quant au *Mermithidæ*, son étude ne saurait non plus être abordée pour le moment, le cas observé étant par trop isolé.

4. — Parasites de *Carpocoris pudicus*? (Poda) ⁽⁸⁾

1948. — HÔTES OBSERVÉS (du 10 août au 18 septembre) : 6 im. ♀, 2 st. V, 1 st. IV.

Parasites : P 147, 10-8-1948. — *Gymnosoma* sp., larve I (incomplètement pénétrée dans l'hôte, et venant de quitter l'ω), ex. im. ♀ ; station V.

Remarques. — *Phasiinæ* connus de *Carpocoris pudicus* (liste citée pour mémoire, car absente de ma Contribution III ; comprend les parasites de *C. pudicus* typique et également de la forme *fuscispinus* Bohemann (8) :

1° *Ectophasia crassipennis* (F.) (I. V. VASSILIEV 1913, d'après I. A. RUBTZOV 1947, p. 86 ; O. MICHALK 1938 a, p. 258).

2° *Gymnosoma rotundatum* (L.) s. l. (O. MICHALK 1938 a, p. 257 ; W. TISCHLER 1938, p. 352, 1939, p. 278).

3° *Helomyia lateralis* (Meigen) (I. A. RUBTZOV 1947, p. 98).

5. — Parasites d'*Holcostethus vernalis* (Wolff)

[= *Peribalus vernalis* Auct.]

1947. — **Référence :** Contribution III, p. 205.

HÔTES OBSERVÉS (du 23 juillet au 14 août) : 12 im. ♂, 10 im. ♀, 17 st. V, 4 st. IV, 1 st. III.

(8) Pour la synonymie de cette espèce, voir : A. GOIDANICH, *Boll. Ist. Ent. Univ. Bologna*, XV (1944-46), pp. 13-19.

Parasites : P 59, 23-7-1947. — *Ocyptera brassicaria* (F.), larve II, ex. im. ♂.

P 68, 29-7-1947. — *Ocyptera brassicaria* (F.), larve II, ex. im. ♂; station XII.

P 70, 8-8-1947. — *Ocyptera brassicaria* (F.), larve III (élevée jusqu'à l'imago), ex. im. ♂; station XII.

P 71, 8-8-1947. — *Ocyptera brassicaria* (F.), larve III, ex. im. ♂; station XII.

E 50, 7-8-1947. — *Euphorinæ* (?), larve au dernier stade, ex. st. V; hors bois, en lisière.

E 53, 8-8-1947. — *d*°, ex. st. V ♀; station XII.

1948. — HÔTES OBSERVÉS (du 8 août au 19 septembre): 14 im. ♂, 6 im. ♀, 19 st. V.

Parasites : E 68-P 149, 16-8-1948. — *Euphorinæ* (?), larve au dernier stade; *Ocyptera brassicaria* (F.), larve I, parasite simultané, ex. st. V ♀; station XI.

P 153, 31-8-1948. — *Ocyptera brassicaria* (F.), larve II, ex. im. ♂; station XI.

E 75-P 159, 16-8-1948. — *Euphorinæ* (?), larve au dernier stade; *Ocyptera brassicaria* (F.), larve I, parasite simultané, ex. st. V ♀; station XI.

E 64, 8-8-1948. — *Euphorinæ* (?), larve au dernier stade; ex. st. V ♀; station XII.

E 65, 8-8-1948. — *d*°, ex. st. V ♂; station XII.

E 69, 8-8-1948. — *d*°, ex. st. V ♂; station XII.

E 72, 24-8-1948. — *d*°, ex. st. V ♀; station XII.

Remarques. — *Phasiinæ* connus d'*Holcostethus vernalis* :

1° *Gymnosoma rotundatum* (L.) s. l. (O. MICHALK 1938 a, p. 257; C. DUPUIS, Contribution III, p. 204).

2° *Ocyptera brassicaria* (F.) (C. DUPUIS l. c., p. 204)

Des parasites signalés ci-dessus, l'*Euphorinæ* (?) est entièrement nouveau chez cet hôte, au même titre que chez *Dolycoris baccarum* (L.). Quant à *Ocyptera brassicaria*, elle est pour la première fois observée chez des stades préimaginaux d'Hétéroptères.

6. — Parasites d'*Aelia acuminata* (L.)

1947. — HÔTES OBSERVÉS. A Richelieu (du 21 juillet au 17 août): 21 im. ♂, 23 im. ♀, 3 st. V. A Marigny-Marmande (Indre-et-Loire, près Richelieu), 12-8-1947 : 26 im. ♂, 8 im. ♀ !

Parasites (Richelieu):

P 58, 23-7-1947. — *Cyslogaster globosa* (F.), larve I in ω , sur im. ♀; station V.

P 72, 8-8-1947. — *Stylogymnomyia nitens* (Meigen), larve III et exuvie II correspondante ; en outre 2 ω peut être de *Cytogaster globosa* (F.), ex. im. ♂ ; station II.

P 81-P 88, 17-8-1947. — *Cytogaster globosa* (F.), larve III et 8 ω sur im. ♀. Prairie en terrain découvert.

Œufs ainsi répartis : 1° le seul ω éclos correspond donc à la larve III trouvée dans l'hôte, et 3 ω avortés peut-être pondus en même temps que les précédents ; 2° 2 ω renfermant une larve I, donc pondus bien après ; 3° le seul ω collé sur une aile de l'hôte (les autres étant sur ses tergites abdominaux), renfermant une larve I ; 4° un œuf sans trace ni d'éclosion, ni de développement, ni d'avortement. Ces différences prouvent que l'*Aelia* parasitée a été victime de pontes successives de parasites d'une même espèce (9).

Parasites (Marigny-Marmande : 12-8-1947) :

P 75, *Clytiomyia continua* (Panzer), larve II, ex. im. ♀.

P 76, d°, ex. im. ♂.

P 77, d°, ex. im. ♂.

P 78, d°, ex. im. ♀.

P 79, d°, ex. im. ♂.

P 80, *Cytogaster globosa* (F.), larve II, ex. im. ♂.

1948. - HÔTES OBSERVÉS. A Richelieu (du 7 août au 21 septembre) : 59 im. ♂, 54 im. ♀, pas de st. juv. — A Braslou (Indre-et-Loire, près Richelieu) (19 et 22 septembre) : 3 im. ♂, 1 im. ♀.

Parasites (Richelieu) :

P 154-P 155, 9-9-1948. — *Ocyptera* (probablement *Ocyptera* sp. A. C. DUPUIS, contribution IV, p. 421), exuvie de larve I ; *Ectophasia crassipennis* (F.), larve II, parasite simultanée, ex. im. ♂ ; station XVIII.

Parasites (Braslou) :

P 157, 19-9-1948. — *Cytogaster globosa* (F.), larve II, ex. im. ♂.

P 158, 19-9-1948. — d°

Remarques. — De l'examen de la liste des *Phasiinæ* connus d'*Aelia acuminata* (Contribution III, p. 221) et des données originales qui l'accompagnent, il ressort que, des parasites de cette espèce observés à Richelieu, deux sont nouveaux :

(9) J'ai déjà cité ce cas (contribution V, p. 135), pensant que l'un des œufs était d'espèce différente. Il n'en est probablement rien. Mais il n'en reste pas moins que les ω déposés par des ♀♀ différentes, à des dates différentes, sur une même région de l'hôte (le dos de l'abdomen, les ailes) impliquent que l'acte de ponte s'effectue en des circonstances analogues et répétables de mouvement des ailes de l'hôte.

Stylogymnomyia nitens (Meigen) (cf. ci-dessus remarques relatives aux *Eurygaster*).

Clytiomyia continua (Panzer) (hôtes connus : *Eurydema oleacea* L., *E. ornata* L., cf. Contribution III, p. 209) (10).

7. — Parasites de *Palomena prasina* (L.)

1946. — **Références** : contributions I, III p. 205, IV p. 415.

HÔTES OBSERVÉS (du 8 août au 1^{er} septembre) : 55 *im.* (dont 22 ♂♂, 25 ♀♀), 166 st. V (dont 41 ♂♂, 44 ♀♀), 17 st. IV, 1 st. III, 33 st. juv. divers.

Parasites (*Phasiinæ*). **P 0**, 8-8-1946. — *Allophora aurigera* Egger, larve III (élevée jusqu'à l'imago), ex. *im.* ♀; station I.

P 1, 15-8-1946. — *Allophora aurigera* Egger, larve III, ex. *im.* ♀; station I.

P 3, 15-8-1946. — *Allophora aurigera* Egger, larve II, ex. *im.* ♀; station I.

Parasites (*Euphorinæ*). (Toutes larves au dernier stade ; une par hôte) :

Numéros	Dates	Stade de l'hôte	Sexes des hôtes	Stations
—	—	—	—	—
E 0	20-8	V	♂	III ou V
E 1	20-8	V	♀	II à VI
E 2	13-8	V	♀	V
E 3, E 4, E 5, E 6, E 7, E 8.	13-8	V	?	V
E 9	13-8	IV	?	V
E 10, E 11, E 12, E 13, E 14	15-8	IV ou V	?	II, III ou V
E 15	20-8	IV	♀	III ou V
E 16	23-8	V	♀	I
E 17	23-8	V	♂	II

1947. — **Références** : contribution IV p. 413, V pp. 136, 138.

HÔTES OBSERVÉS (du 17 juillet au 15 août) : 13 *im.* ♂, 4 *im.* ♀, 117 st. V (dont 77 ♂♂, 37 ♀♀), 115 st. IV, 16 st. III, 11 st. II.

Parasites (*Phasiinæ*):

P 51, 19-7-1947. — *Ectophasia crassipennis* (F.), larve II, ex. st. V ♀; station V.

(10) *Clytiomyia continua* avait tout d'abord été annoncée à tort comme obtenue d'*Aelia acuminata*, cela dans une note préliminaire rédigée pour un compte rendu d'excursion (contribution II). Il s'agissait, en fait, d'*Ectophasia crassipennis* et l'erreur a été rectifiée depuis (contribution IV, p. 431, note 32).

E 30-P 54, 21-7-1947. — *Euphorinæ* (?), larve au dernier stade ; *Ectophasia crassipennis* (F.), parasite simultané représenté par 1 ω , ex. st. IV ; station V.

E 31-P 55-P 56, 21-7-1947. — *Euphorinæ* (?), larve au dernier stade ; *Ectophasia crassipennis*, parasite simultané représenté par 2 ω , ex. st. IV ; station V.

P 57, 21-7-1947. — *Ectophasia crassipennis*, ω sur st. IV ; station V.

E 41-P 61, 24-7-1947. — *Euphorinæ* (?), larve à l'avant-dernier stade ; *Ectophasia crassipennis*, parasite simultané représenté par un ω , ex. st. IV ; station V.

P 62, 24-7-1947. — *Ectophasia crassipennis*, larve II, ex. st. IV ; station V.

P 63, 26-7-1947. — *Ectophasia crassipennis*, ω sur st. IV δ ; station V.

E 44-P 64, 26-7-1947. — *Euphorinæ* (?), larve au dernier stade ; *Ectophasia crassipennis*, parasite simultané représenté par un ω , ex. st. V δ ; station V.

P 65, 26-7-1947. — *Ectophasia crassipennis*, ω sur st. IV δ ; station V.

Parasites (*Euphorinæ*). (Toutes larves au dernier stade ; une par hôte) :

Numéros	Dates	Stade de l'hôte	Sexes des hôtes (dans l'ordre des N°)	Station
E 20	17-7	IV	?	XI
E 21, E 22, E 23, E 24, E 25, E 26, E 27, E 28, E 29	21-7	IV	$\delta\delta$ $\phi\phi$ δ $\phi\phi$??	V
E 32	23-7	V	δ	V
E 33	23-7	V	ϕ	?
E 34, E 35, E 39	24-7	IV	ϕ ? ?	V
E 36, E 37, E 38	24-7	V	$\delta\delta\delta$	V
E 40	24-7	III	?	V
E 42, E 43	26-7	IV	$\phi\phi$	V
E 45	31-7	V	ϕ	IV
E 46, E 47, E 49	30-7	V	$\delta\delta\phi$	V
E 48	5-8	V	δ	XIII
E 51	8-8	V	δ	II
E 52	21-7	V	δ	V
E 54	12-8	IV	?	Marigny- Marmande (I.-et-L.)

1948. — HÔTES OBSERVÉS (du 7 août au 22 septembre) : 14 im. ♂, 22 im. ♀, 81 st. V ♂, 87 st. V ♀, 29 st. IV ♂, 18 st. IV ♀, 14 st. III.

Parasites (Phasiinæ):

P 142, 8-8-1948. — *Ectophasia crassipennis* (F.), larve II, ex. st. V ♀ ; station V.

P 143, 8-8-1948. — *Ectophasia crassipennis*, larve II, ex. st. IV ♂ ; station V.

P 145, 9-8-1948. — *Ectophasia crassipennis*, larve II, ex. im. ♂ (capturé au st. V) ; station V.

P 146, 9-8-1948. — *Ectophasia crassipennis*, larve II, ex. st. V ♂ ; station V.

P 148, 10-8-1948. — *Ectophasia crassipennis*, ω sur st. IV ♀ ; station V.

P 150, 14-8-1948. — *Ectophasia crassipennis*, larve II, ex. st. V ♂ ; station V.

P 151, 13-8-1948. — *Ectophasia crassipennis*, larve II, ex. st. V ♂ ; station V.

Parasites (Euphorinæ). (Toutes larves au dernier stade ; une par hôte) :

Numéros	Dates	Stade de l'hôte	Sexes des hôtes (dans l'ordre des n°)	Stations
E 66, E 67	13-8	V	♂ ♀	V
E 70, E 74, E 76	28-8	V	♂ ♂ ♂	XVI
E 71	26-8	V	♂	III
E 77, E 78	22-9	V	♀ ♀	I

Remarques. — A la liste des parasites de *Palomena prasina* (Contribution III, pp. 205-206), il faut adjoindre en bonne place *Ectophasia crassipennis* (F.) que je n'avais notée qu'incidemment de cet hôte (Contribution IV, p. 413).

β. — Sous-famille **Asopinæ**

Parasite d'*Arma custos* (F.)

1947. — HÔTES OBSERVÉS (du 19 juillet au 7 août) : 3 im. ♀, 5 st. V ♂.

Parasites : P 52, 19-7-1947. — *Phasiinæ* indéterminé et *incertæ sedis*, larve I, ex. im. ♀ ; station III.

Remarques. — On possède quelques observations de *Phasiinæ*, parasites d'*Arma custos* (O. MICHALK 1933, p. 129, 1938, a, p. 258 ; C. DUPUIS, Contribution I, p. 305) ; le parasite observé par MICHALK était dans tous les cas le *Phasiinæ* : *Phania vittata* Meigen.

B. — Parasites de *CORIZIDÆ* (O. M. REUTER 1912)

(SUPERFAMILLE *COREOIDEA* O. M. REUTER l.c.)

Parasite de *Rhopalus subrufus* (Gmelin)

[= *Corizus capitatus* (F.) Auct.]

J'ai cité (Contribution III, p. 218) les divers *Coreoidea* dont des *Phasiinæ* parasites étaient connus ; aucun *Corizidæ* n'est dans ce cas. Cependant, j'ai observé une fois (**P 53**) à Richelieu (21-7-1947) un im ♂ de *Rhopalus subrufus* (Gmel.) renfermant une larve II de *Phasiinæ*, malheureusement indéterminée et *incertæ sedis*. Il y a là l'indication de recherches à entreprendre, mais qui se heurtent à deux difficultés :

1° la rareté du parasite, au moins chez les *Corizidæ* ; en effet, en 1947 et 1948, j'ai examiné un minimum de 48 ♂♂ et 44 ♀♀ d'espèces des genres *Rhopalus* et *Stictopleurus*, et le parasite cité est resté le seul observé ;

2° la difficulté de la détermination des espèces des genres *Rhopalus* et *Stictopleurus*, et les imprécisions synonymiques qui persistent malgré les travaux de H. RIBAUT (*Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, **49**, 1921, pp. 301-311 ; **58**, 1929, pp. 227-234) et de W. E. CHINA (*Ent. Month. Mag.*, **77**, 1941, pp. 273-278).

C. — Parasites de *LYGÆIDÆ*

(SUPERFAMILLE *NEIOIDEA* O. M. REUTER 1912)

Les *Phasiinæ* parasites de *Lygaeidæ* à ce jour connus ne sont guère nombreux :

1° *Hyalomyiopsis aldrichi* (Townsend) (c'est-à-dire, selon J. M. ALDRICH, 1931, pp. 2-3, et A. R. BROOKS, 1945 a, p. 677, la plus commune des espèces du complexe « *Phoraniha occidentis* F. Walker ») est parasite, en Amérique du Nord, de *Blissus leucopterus* Say et *Nysius angustatus* Uhler (P. LUGINBILL, 1922, p. 14), ainsi que de *Nysius ericæ* Schill (F. R. MILLIKEN et F. M. WADLEY, 1923).

2° *Cinochira atra* Zett. est parasite d'*Eremocoris plebejus* (Fallen) (O. MICHALK, 1938 a, p. 259).

3° *Allophora (Hyalomyia) pusilla* (Meigen) est parasite de *Chilacis typhæ* (Perris) (E. HESSE, 1927, p. 29, O. MICHALK, 1935, p. 133, 1938 a, p. 259).

4° En outre, J. PANTEL (1910, p. 180) signale la ponte — en captivité —

de *Gymnosoma rotundatum* (L.), s.l. (11) sur des *Lygaeidae* dont il ne précise pas l'espèce.

5° Enfin, des *Phasiinae* indéterminés sont connus des grands *Lygaeus* : *L. saxatilis* (Scopoli) (J. C. NIELSEN, 1909, p. 65), *L. paundurus* (Scopoli) (F. B. BOSELLI, 1932, p. 298), *L. equestris* (L.) (O. MICHALK, 1938 a, p. 259).

Parasite de *Nysius lineatus* (Costa)

Une unique ♀ de *Nysius lineatus* (Costa), espèce réputée peu commune, capturée à Richelieu (10-8-1947, station XI), renfermait une larve III de *Phasiinae*, qui, élevée après sa sortie de l'hôte (12-8-1947), a permis d'obtenir l'imagos correspondant : *Allophora* (*Hyalomyia*) *pusilla* (Mg.) (P 74). L'hôte est nouveau pour ce parasite qui en est le premier connu.

II. — DONNÉES BIOLOGIQUES NOUVELLES

A. — COMPLEMENTS A L'INVENTAIRE HOTES-PARASITES

Ce qui précède renferme toutes indications voulues quant aux observations qui apportent un complément original à notre connaissance des hôtes des divers parasites, et inversement. Les nouvelles listes établies, absentes de ma Contribution III, en constituent un complément, et, avec elle, les éléments d'un catalogue plus complet que ceux existant (O. MICHALK 1940, W. R. THOMPSON 1944). L'ensemble met en évidence la richesse d'une même espèce d'hôte en parasites variés, et l'éclectisme assez étendu des parasites quant à leurs hôtes ; il constitue, en outre, un index de documentation pour l'étude (amorcée en ma Contribution V et développée ci-après) de la spécificité parasitaire, notamment en ce qui concerne les *Phasiinae*. Il y a lieu d'insister sur les faits qui montrent toute l'importance et la richesse du champ d'observations relatif aux parasites d'Hémiptères Hétéroptères. C'est, d'une part, l'existence de *Phasiinae* chez des hôtes insoupçonnés (*Rhopalus*, *Nysius*) et surtout la présence, si fréquente, de larves de Braconide chez les stades préimaginaux des Pentatomides. Il semble que I. A. RUBZOV (1947, p. 85) soit le seul à les avoir observées chez les stades jeunes et *imagos* d'*Eurygaster integriceps* Puton, où la proportion d'hôtes parasités peut atteindre 30 à 40 pour 100. L'identité du Braconide reste à préciser, toute sa biologie à étudier.

(11) Voir *Addendum* après la liste des travaux cités.

B. — NOUVELLES DONNEES BIOLOGIQUES RELATIVES AUX PHASIINÆ

Ce qui concerne la vie entomobie (mue des larves, dommages causés à l'hôte, etc...) sera provisoirement laissé de côté, les données de Richelieu n'étant guère riches à cet égard. Par contre, elles apportent un certain nombre de conclusions quant aux facteurs dont dépend la prise de possession de l'hôte par le parasite, question qui fera l'objet d'un examen immédiat.

a. — PRISE DE POSSESSION DES HÔTES PAR LES *Phasiinæ* PARASITES

α. Introduction

Une première discussion (Contribution V) m'a conduit à admettre que *les PHASIINÆ ne sélectionnent pas les Hétéroptères sur lesquels ils pondent, en fonction de l'espèce, du stade ou du sexe de ceux-ci. Ils sont au contraire amenés à pondre indifféremment sur l'espèce, le stade ou le sexe qui se présente et avec une probabilité d'autant plus grande que cette espèce, ce stade ou ce sexe est mieux représenté numériquement ou plus décelable, ou moins actif, etc...*

Ces propositions, et plus encore, la façon dont elles sont exprimées, méritent d'être précisées en envisageant les facteurs qu'elles font entrer en ligne de compte : la fréquence d'une part, la décelabilité et la mobilité d'autre part.

β. Importance de la fréquence des hôtes, quant à la prise de possession ⁽¹²⁾ de ceux-ci par les *Phasiinæ*.

1. — Définitions et méthode d'analyse des résultats.

La fréquence des diverses catégories d'hôtes possibles (c'est-à-dire le rapport ou le pourcentage — du nombre des individus qui représentent chacune d'elles au nombre total des individus des diverses catégories considérées) est, au contraire de leurs décelabilité et mobilité (*cf.* ci-après), une résultante susceptible de varier progressivement et de manière orientée, en fonction des qualités du milieu et des moments du cycle biologique.

(12) Cette prise de possession de l'hôte est, selon les groupes de *Phasiinæ*, la ponte d'un œuf sur le tegument de l'hôte (groupe du genre *Ectophasia*) ou l'introduction dans l'hôte d'un œuf (*Allophora*, *Helomyia*), voire d'une larve (*Ocyptera*).

On ne pourra donc s'assurer valablement de la relation entre la fréquence des catégories d'hôtes et la part de parasites qu'elles reçoivent qu'en réunissant les conditions suivantes : 1° n'envisager qu'une seule station, aussi homogène que possible, durant un temps donné et court (13) ; 2° ne comparer que des catégories d'hôtes dont les propriétés intrinsèques de décelabilité et mobilité soient dans un rapport constant d'une catégorie à l'autre ; 3° n'avoir affaire qu'à une espèce de parasite ou à des espèces de comportement très semblable (14).

La première des conclusions citées ci-dessus en introduction implique que les *Phasiinæ* prennent possession de leurs hôtes *au hasard*, n'étant pas à même de distinguer les qualités spécifiques, sexuelles ou de stade de ceux-ci.

Cette infestation au hasard a pour conséquence mathématique que, si les trois groupes de conditions rappelées ci-dessus sont réunis, on doit trouver les diverses catégories d'hôtes parasitées selon un pourcentage (taux de parasitisme) constant, c'est-à-dire proportionnellement à leur fréquence.

Possède-t-on des exemples, réunissant les conditions voulues montrant une telle constance du taux de parasitisme et *vérifiant*, de ce fait, l'infestation *au hasard* des hôtes par les *Phasiinæ*, mode d'infestation dont la réalité est rendue très probable par quantité de faits exposés d'autre part (Contribution V) ?

La multiplicité des conditions à remplir d'aussi près que possible, la nécessité d'observations portant sur une population numériquement assez riche et le petit nombre même des observations et des observateurs laissent à penser qu'il y en aura bien peu.

2. — Résultats. Vérifications.

Je ne connais pas d'exemple permettant de comparer valablement les taux de parasitisme de diverses catégories spécifiques d'hôtes en fonction de la seule fréquence de celles-ci.

Quant aux catégories sexuelles, sont à rappeler les données de E. OTTEN (1940, p. 323), qui montrent que, lorsque les ♂♂ de *Sciocoris cursitans* (F.)

(13) C'est pourquoi sera laissé de côté, malgré l'intérêt qu'il pourrait présenter pour les études ultérieures sur les circonstances du parasitisme, l'examen des exigences des diverses espèces, et des deux sexes vis-à-vis des composants du milieu (d'où fréquences variables) ainsi que la variation de fréquence des espèces et sexes selon les moments du cycle biologique. (Un travail en préparation les précisera pour le sexe, et à cet égard, les notes indispensables seront données ci-après).

(14) Le cas cité dans ma contribution V (p. 138) à propos des *Palomena* et *Aelia* ne remplit pas ces conditions, car les parasites des unes et des autres ne sont pas les mêmes.

sont en petit nombre par rapport aux ♀♀ au moment de l'infestation, on trouve ultérieurement peu de parasites de ♂♂. Ce ne sont pas là toutefois des chiffres précis et les décelabilités des ♂♂ et ♀♀ de *Sciocoris* sont fort différentes (OTTEN, l.c.).

C'est en ce qui concerne les catégories de stade que les résultats sont les plus probants.

Soit le cas des *Palomena prasina* (L.) observées en station V (unique et homogène) du 7 au 28 août 1948 (temps court) et parasitées par *Ectophasia crassipennis* (F.) (parasite unique), dont sont à envisager les stades IV et V, seuls récoltés en nombre, d'où signification statistique valable ; ces stades IV (âgés pour la plupart) et V (jeunes) sont identiques quant à la couleur, ont des tailles voisines, ne paraissent guère différer quant à leur odeur, comportement, mobilité, en bref semblent comparables sous le rapport de la décelabilité et la mobilité, et ne présentent d'autres parasites (*Euphorinæ*) que dans une proportion négligeable (une forte proportion d'*Euphorinæ*, étant donné que ces parasites favorisent la prise en possession ultérieure par un *Phasiinæ* — v. ci-après — ne permettrait guère d'escompter des résultats valables).

J'ai observé 84 st. V, dont 5 hôtes d'*Ectophasia crassipennis*, soit 5,95 p. 100, et 38 st. IV dont 2 hôtes d'*Ectophasia*, soit 5,26 p. 100. Il apparaît bien que les conditions réalisées sont aussi proches que possible de celles théoriques ; le taux de parasitisme paraît sensiblement constant : ce serait là la vérification cherchée de l'infestation des hôtes au hasard et proportionnellement à leur fréquence.

Elle rend compte du fait que les catégories d'hôtes peu représentées montrent peu de parasites (pas du tout si les relevés ne portent pas sur un grand nombre d'individus), ce qui est le cas des imagos de *Palomena* fort peu représentés en juillet-août (cf. Partie I : données de 1947 et 1948, Contribution V, p. 139, note 1, et W. TISCHLER 1938, p. 353).

Etant donné qu'il y a fréquemment un synchronisme plus ou moins étroit entre le cycle des parasites et celui des hôtes, les imagos des premiers apparaissent alors que les seconds sont en majorité au stade imaginal (cf. R. L. BEARD, 1940 b, p. 661, et fig. 17, I. A. RUBTZOY, 1947, p. 99, fig. 11), la répartition des parasites proportionnelle à la fréquence des hôtes expliquerait que ce sont en général les imagos de l'hôte qui sont parasités. L'explication n'est valable que si le taux de parasitisme des stades préimaginaux et des imagos est identique. En fait, ce n'est pas toujours le cas (cf. chiffres précis, in R. L. BEARD, 1940 b, p. 659), ce qui prouve que d'autres facteurs entrent en jeu, et sans doute, au premier chef, la décelabilité.

γ. Importance de la décelabilité et de la mobilité des hôtes, quant à la prise de possession de ceux-ci par les *Phasiinæ*.

1. — Définitions et méthodes d'analyse des résultats

Par *facteurs de décelabilité*, j'entends l'ensemble des propriétés des hôtes (telles que dimensions, couleurs, odeurs, mouvements sur place et d'envol), qui les rendent plus ou moins susceptibles d'être repérés et pris en possession par leurs parasites (15).

Par *facteurs de mobilité*, j'entends l'ensemble des propriétés des hôtes (telles que rapidité et fréquence des déplacements, notamment au moyen du vol), qui leur permettent de se trouver (en permanence et non pas uniquement au moment de l'attaque) plus ou moins soustraits à leurs parasites.

La mobilité et la décelabilité des différentes catégories d'Hétéroptères-hôtes (espèces, stades, sexes, états physiologiques divers) paraissent être avant tout des propriétés intrinsèques de ces catégories, en ce sens qu'elles résultent au premier chef de la physiologie et de l'activité métabolique des individus qui les composent. Ce qui ne signifie pas qu'elles puissent être étudiées en fonction des seules catégories d'hôtes, indépendamment des circonstances de durée ou locales.

En d'autres termes, ne seront, là encore, valables, que des comparaisons entre catégories d'hôtes observées en un temps donné et court (16) et dans une station limitée, ou des stations comparables, une seule espèce de parasite étant en cause. Mes observations de Richelieu remplissent ces conditions, car elles sont limitées dans le temps, et j'ai en général pris soin d'effectuer mes relevés en fonction des stations écologiques (17).

(15) Les sens des *Phasiinæ* nous sont par malheur à peu près inconnus, de sorte qu'on ne peut guère savoir quelles propriétés des hôtes jouent réellement comme facteurs de décelabilité. Il semble que l'odeur des hôtes ne soit guère un facteur de décelabilité, au moins vis-à-vis des *Phasiinæ* ; par contre, leurs mouvements (d'envol, et sur place) rendraient décelables bon nombre d'hôtes (cf. contribution V, pp. 133-135).

(16) A noter que les différences de mobilité et de décelabilité que l'on peut concevoir en fonction du moment du cycle biologique (en songeant par exemple à une ♀ de *Pentatomidæ* selon qu'elle vient de muer, ou qu'elle est gravide) ne sont guère que des manifestations d'états physiologiques différents et peuvent donc se ramener à l'étude de ceux-ci. Les observations de Richelieu, limitées dans le temps, ne m'ont pas permis de constatations de cet ordre.

(17) Les variations que les circonstances microlocales à l'intérieur d'une même station, peuvent imprimer à la mobilité et à la décelabilité des individus des diverses catégories d'hôtes, paraissent être de variations très labiles, c'est-à-dire rapides, instables, de sens plus ou moins opposé et dont les conséquences, variables d'un point à un autre, comme d'un jour au suivant s'annulent, tout au moins à l'échelle du temps de ponte des *Phasiinæ* et de l'étendue de la station qu'ils fréquentent. Une exception est concevable : il s'agirait de l'anormale

Les définitions données pour les facteurs de décelabilité et mobilité impliquent, étant remplies les conditions ci-dessus, que le taux de parasitisme est une fonction croissante des facteurs de décelabilité et une fonction décroissante des facteurs de mobilité (18), ce qu'expriment sous une forme plus vague mes précédentes conclusions rappelées en introduction.

Les conséquences en sont les suivantes :

— lorsque, d'une catégorie à l'autre, l'importance des facteurs de décelabilité est supérieure à l'importance des facteurs de mobilité, le taux de parasitisme croît de cette catégorie à la suivante ;

— inversement, lorsque d'une catégorie à l'autre, l'importance des facteurs de mobilité l'emporte sur l'importance des facteurs de décelabilité, le taux de parasitisme décroît de cette catégorie à la suivante. D'assez nombreux faits paraissent vérifier ces conséquences et impliquent donc la réalité de l'intervention des facteurs de décelabilité et mobilité dans le sens posé, telle qu'elle paraît d'autre part probable (Contribution V).

2. — Résultats. Vérifications.

1° Comparaisons de catégories spécifiques d'hôtes

Il n'est guère possible de donner, d'après des observations de terrain, une idée absolue (exacte et chiffrable) de la mobilité des hôtes. Toutefois, à voir tomber et se déplacer dans ses engins de récolte les diverses espèces d'Hétéroptères, à considérer la fréquence avec laquelle elles s'en échappent, etc..., on peut se représenter, en première approximation, la mobilité relative des espèces. Les différences de mobilité paraissent considérables, telles que seraient négligeables, en regard, les différences de décelabilité, et les taux de parasitisme paraissent bien croître quand la mobilité décroît.

Sont parmi les plus mobiles (par ordre décroissant) : les diverses espèces de *Rhopalus* et *Stictopleurus*, *Pentatoma rufipes* (L.) et, à

importance, non compensée, d'une circonstance ordinairement sans conséquence durable (précipitation, abondance de telle ou telle plante hôte, etc...) qui exercerait une modification orientée et pérenne sur la mobilité et la décelabilité des hôtes. Je n'en ai nul exemple de Richelieu. Il est bon de noter que l'action passagère de circonstances de milieu (soleil, vent, lumière...) sur la mobilité et la décelabilité des Hétéroptères est un fait d'observation (cf. par ex. W. TISCHLER, 1938, pp. 348-350, ou encore une observation personnelle faite à Richelieu et qui montre que les *Aelia acuminata* ♀♀ sont cachées et ne se récoltent guère les jours pluvieux, où l'on trouve 9 ♂♂ pour 1 ♀♀, etc...).

(18) La difficulté de chiffrer ces facteurs ne permet évidemment pas de donner une meilleure approximation mathématique.

un degré moindre, *Aelia acuminata* (L.). Les données de la partie I permettent de constater le peu de parasites des *Rhopalus* et *Stictopleurus* (1,08 p. 100, imagos 1947 et 1948), de *Pentatoma* (2,20 p. 100, imagos 1947), voire des *Aelia* (là où elles ne sont pas pratiquement les seuls hôtes possibles) (6,38 p. 100 tous stades, Richelieu, non Marigny, 1947 ; 0,88 p. 100 imagos, Richelieu, non Braslou, 1948).

Les autres hôtes, *Dolycoris baccarum* (L.), *Holcostethus vernalis* (Wolff), *Palomena prasina* (L.), sensiblement moins mobiles, sont plus parasités.

Ce ne sont pas là, tant s'en faut, les données cherchées (cf. Contribution V, p. 136, note 1) permettant de vérifier que les espèces d'Hétéroptères les plus mobiles sont effectivement les moins utilisées pour la ponte des *Phasiinae*. En effet, ces chiffres ne tiennent pas compte de l'espèce du parasite, non plus que des stations (qui conditionnent la densité de parasites !). Toutefois, il s'agit d'indications.

2° Comparaisons des catégories sexuelles d'hôtes

Mobilité. — Il semble que les activités de relation soient beaucoup plus développées chez les ♂♂ d'Hétéroptères que chez les ♀♀ et, qu'inversement, les activités de nutrition aient le plus d'importance chez les ♀♀ (19). Ce n'est pas le lieu d'y insister ici, où l'on retiendra essentiellement que la moindre mobilité des ♀♀ est un fait d'ordre général. Dans le cas d'*Aelia acuminata*, où les différences de mobilité entre les deux sexes sont manifestes (cf. observation de TISCHLER rapportée note 19) et où d'éventuelles différences de décelabilité n'apparaissent pas en regard, le taux de parasitisme paraît bien croître lorsque la mobilité décroît. L'exemple auquel je fais allusion est celui des *Aelia* du plateau sableux, ensoleillé, à *Pinus* et *Erica* de

(19) On en trouvera une excellente illustration dans les travaux de W. V. BALDUF (1948) et dans l'analyse qu'en a publié l'Année Biologique... Sans doute, s'agit-il d'Hémiptères (*Reduviidae*, *Phymatidae*) assez éloignés des hôtes de *Phasiinae* les plus connus (*Pentatomidae*, *Coreidae*...). Mais on possède pour ceux-ci des données connexes, quoique moins rigoureuses. Ce sont les remarques de W. TISCHLER (1939, p. 266), qui constate que, chez diverses espèces [*Dolycoris baccarum* (L.), *Carpocoris pudicus* (Poda), *Aelia acuminata* (L.), *Eurygaster maura* s.l.], « die Weibchen gingen im allgemeinen mehr der Nahrungssuche nach, die Männchen zeigten sich unruhiger und schwärmten in der Luft umher ». Ce sont les observations de E. OTTEN (1940, p. 323) sur *Sciocoris cursitans* (F.), espèce dont les ♀♀ mènent une vie cachée et retirée sur le sol, sous la végétation, tandis que les ♂♂ mènent une vie plus active et plus apparente dans les herbes. Ce sont encore celles de E. MALENOTTI (1933, p. 548), relatives à *Aelia acuminata*, dont les ♀♀ ne quittent qu'après les ♂♂ les stations d'hivernage, ou encore les données de D. M. FEDOTOV (1944 a, 1946 a, 1946 b), qui nous montrent les ♂♂ d'*Eurygaster integriceps* Puton entrant en hivernage avec des réserves moindres que celles des ♀♀, etc...

Marigny-Marmande (I.-et-L.), 12 août 1947 (station et date uniques), attaquées par *Clytiomyia continua* Panzer dans les proportions de 11,53 p. 100 pour les ♂♂ mobiles et de 25 p. 100 pour les ♀♀ moins mobiles (cf. détail des chiffres in Partie I) (20).

Il est à retenir encore que D. M. FEDOTOV (1944 b, p. 135) cite le cas des *Eurygaster integriceps* Puton dont les ♀♀ sont plus susceptibles que les ♂♂ d'être parasitées et que, chez les *Eurygaster* comme chez les *Aelia*, les ♂♂ sont plus mobiles que les ♀♀.

Décelabilité. — Dans le cas de *Sciocoris cursitans* (F.), où les différences de décelabilité sont les plus importantes et manifestes, on constate bien que les hôtes les plus décelables (♂♂ en automne) sont les plus parasités (E. OTTEN, 1940, p. 323). Je ne reviens pas en détail sur ce cas exposé déjà in Contribution V, p. 137.

3° Comparaison des divers stades des hôtes

Il est manifeste que les stades préimaginaux des Hétéroptères, privés du vol, sont à la fois moins mobiles, mais moins décelables et dans l'ensemble moins actifs que les imagos.

Les données de Richelieu n'apportant rien quant à l'étude des taux de parasitisme selon les stades, je renvoie à ce qui en a été dit dans ma Contribution V (pp. 132-133, 134).

4° Comparaisons de divers états physiologiques des hôtes

Je comparerai successivement aux individus normaux, et quant à leur valeur pour la prise en possession par les *Phasiinæ*, les individus porteurs d'un *Euphorinæ* parasite (étude du parasitisme simultané) et les individus subissant leur mue imaginale.

(20) La règle peut paraître en défaut, c'est-à-dire les ♂♂ avoir été plus infestés que les ♀♀, lorsqu'on examine, à la fin du printemps (mai-juin) une population d'*Aelia acuminata* qui se sont accouplées et dont les ♀♀ ont pondu. Mais si l'on a, comme il m'a été donné de le faire, suivi la population en captivité quelque temps au préalable, on aura pu constater que, sans nouvelle infestation, et au fur et à mesure que le nombre des individus s'amenuise, le taux de parasitisme se relève peu à peu chez les ♂♂ comme chez les ♀♀, mais plus tôt, plus vite et en plus marqué chez les ♂♂.

C'est la preuve que les individus indemnes de parasites meurent les premiers, épuisés par la reproduction — laquelle n'a pas lieu chez les parasités — et que les imagos ♂♂ (ce que l'on savait déjà, cf. W. TISCHLER, 1937, p. 215, 1938, p. 333-334 ; D. J. CAFFEY et G. W. BARBER, 1919, p. 15 ; D. M. FEDOTOV, 1946 a, b) meurent plus tôt que les ♀♀.

Le surcroît de longévité des individus parasités dans le cas d'*Aelia* est à rapprocher du surcroît de longévité des *Dysdercus* hôtes d'*Allophora* (s. str.) *nasalis* Bezzi noté par R. C. RAINEY (1947).

Parasitisme simultané. — Les cas observés sont ceux des derniers stades préimaginaux de *Pentatomidæ*, déjà hôtes d'une larve âgée d'*Euphorinæ* (?) et attaqués ultérieurement par des *Phasiinæ*.

Il ne paraît pas que les individus hôtes d'*Euphorinæ* soient plus ou moins décelables que les individus indemnes. Il est très vraisemblable qu'ils sont par contre moins mobiles et moins réactifs.

Les données de Richelieu montrent bien que le taux de parasitisme croît des individus indemnes à l'origine à ceux déjà hôtes d'un *Euphorinæ*, c'est-à-dire croît lorsque la mobilité décroît, ainsi que le prouvent les chiffres suivants :

a. *Cas de Palomena prasina* (L.), 1947. — Station V (station de la plus grande abondance des *Euphorinæ* et *Phasiinæ* parasites de cette espèce). Parasite : *Ectophasia crassipennis* (F.). Hôtes (tous stades) indemnes d'*Euphorinæ* : 156, dont 5 hôtes d'*Ectophasia*, soit 3,20 p. 100. Hôtes moins mobiles parasités par une larve d'*Euphorinæ* : 27, dont 4 hôtes, en outre, d'*Ectophasia*, soit 14,81 p. 100 (c'est-à-dire 4,6 fois plus) !

La prédisposition à la prise en possession par les *Phasiinæ* qui résulte de la présence chez l'hôte d'une larve d'*Euphorinæ* peut encore être mise en évidence par la méthode de calcul de A. GIARD et J. BONNIER (1887, p. 198) :

Total des hôtes observés (tous stades) : 183. Hôtes parasités par une larve d'*Euphorinæ* : 27, soit 14,75 p. 100, par une *Ectophasia* : 9, soit 4,91 p. 100 (21). Cas de parasitisme simultané à observer si la présence d'un *Euphorinæ* ne prédisposait en rien à la prise de possession par les *Ectophasia* : 4,91 p. 100 de 14,75, soit chez 0,72 p. 100 des hôtes. En fait, le parasitisme simultané a été observé pour 4 hôtes sur 183, c'est-à-dire chez 2,18 p. 100 des hôtes !

b. *Cas d'Holcostethus vernalis* (Wolff), 1948. — Stations XI, XI bis, XII, XVI, XVII, XIX (stations comparables de friches ensoleillées à *Teucrium scorodonia*, en clairière de bois sur sol sableux). *Phasiinæ* parasite : *Ocyptera brassicaria* (F.). Hôtes (tous stades) indemnes d'*Euphorinæ* : 24, dont 1 hôte d'*Ocyptera*, soit 4,16 p. 100. Hôtes moins mobiles parasités par une larve d'*Euphorinæ* : 6, dont 2 hôtes, en outre, de *Phasiinæ*, soit 33,33 p. 100 (c'est-à-dire 8 fois plus).

Ou encore, comme précédemment : Total des hôtes observés (tous stades) : 30. — Hôtes parasités par une larve d'*Euphorinæ* : 6, soit 20 p. 100,

(21) Dans ma contribution V, p. 138, je ne cite par lapsus que 8 *Ectophasia* de *Palomena*.

par une *Ocyptera* : 3, soit 10 p. 100. Cas de parasitisme simultané à observer si la présence d'un *Euphorinæ* ne prédisposait en rien à la prise de possession par les *Ocyptera* : 10 p. 100 de 20, soit chez 2 p. 100 des hôtes. En fait, le parasitisme simultané a été observé pour 2 hôtes sur 30, c'est-à-dire chez 6,66 p. 100 des hôtes.

De ces chiffres, on peut conclure que le superparasitisme est plus souvent réalisé (*environ 3 fois plus*) qu'il n'est simplement probable. C'est la preuve qu'un hôte déjà parasité par un *EUPHORINÆ* est plus facilement qu'un hôte indemne la victime des *PHASIINÆ* (22), ce qui ressort aussi des taux de parasitisme.

On notera que ce fait est vrai pour deux *Phasiinæ* à pontes aussi différentes qu'*Ectophasia crassipennis* (F.) (œufs déposés sur l'hôte) et *Ocyptera brassicaria* (F.) (larvipare probable, J. C. NIELSEN 1909, p. 77). On observera encore qu'*Ocyptera brassicaria* paraît plus favorisée qu'*Ectophasia crassipennis*, dans la prise de possession de son hôte, si celui-ci renferme déjà une larve d'*Euphorinæ*, ainsi que paraît l'indiquer le pourcentage élevé des *Phasiinæ* chez les *Holcostethus*, hôtes d'*Euphorinæ* (23).

Prise de possession de l'hôte au moment des mues. — J'ai déjà cité (Contribution V, p. 136) divers faits qui montrent que l'état d'immobilité qui accompagne la mue imaginale des hôtes les prédispose à l'attaque suivie d'infestation effective par les *Phasiinæ*.

Quelques exemples, parmi les données de Richelieu, confirment cette conclusion.

— Chez les *Palomena prasina* (L.) de la station V (1948), dont les stades IV et V étaient attaqués par *Ectophasia crassipennis* (F.), j'ai dénombré 66 ♂♂ des deux stades, dont 5 hôtes d'*Ectophasia*, soit 7,57 p. 100, et 56 ♀♀, dont 2 hôtes, d'*Ectophasia*, soit 3,57 p. 100.

(22) J'ai déjà fait allusion, dans ma contribution V, p. 136, aux cas de parasitisme simultané chez *Palomena*.

(23) Que des cas de parasitisme simultané n'aient pas été observés en 1947 chez *Holcostethus vernalis*, ni en 1948 chez *Palomena prasina*, est normal, le pourcentage de parasitisme par les *Euphorinæ* étant trop faible dans les deux cas comme le nombre d'individus observés trop minime :

Holcostethus vernalis, 1947. Hôtes observés (tous stades) : 44. Hôtes d'*Euphorinæ* : 2 (4,54 %), de *Phasiinæ* : 4 (9,09 %) ; probabilité simple des cas de parasitisme simultané : 9,09 % de 4,54, soit 0,41 %. Fréquence vraisemblable du superparasitisme : 3 ou 4 fois plus élevée, soit 1,2 à 1,6 %. Il eût fallu examiner de 60 à 100 hôtes pour avoir des chances sérieuses d'observer un cas de parasitisme simultané.

Palomena prasina, 1948 (station V). Hôtes observés (tous stades) : 140. Hôtes d'*Euphorinæ* : 2 (1,42 %), de *Phasiinæ* : 7 (5 %) ; probabilité simple des cas de parasitisme simultané : 5 % de 1,42, soit 0,07 %. Fréquence vraisemblable du superparasitisme : 3 ou 4 fois plus élevée, soit 0,2 à 0,3 %. Il eût fallu examiner de 300 à 500 hôtes pour avoir des chances sérieuses d'observer un cas de parasitisme simultané.

Or, il est général, chez les Pentatomides, que les ♂♂, aussi bien les imagos que les stades antérieurs, apparaissent en moyenne avant les ♀♀ (24) et que dans une population non encore parvenue entièrement au stade imaginal, le nombre des mues effectuées par l'ensemble des ♂♂ est supérieur à celui de mues effectués par l'ensemble des ♀♀.

Les stades IV et V, ♂♂ et ♀♀, ne semblent guère différer, chez *Palomena prasina*, ni par leur mobilité, ni par leur décelabilité ; la différence constatée dans les taux de parasitisme ne peut donc s'expliquer que si l'on admet que la prise de possession de l'hôte est favorisée par le moment de la mue (mobilité considérablement abaissée).

— Le cas des *Holcostethus vernalis* (Wolff) est semblable au précédent, à cela près qu'il s'agit d'imagos et que le parasite est *Ocyptera brassicaria* F. Un tiers des imagos ♂♂ de cette espèce, récoltés en 1947, étaient hôtes d'*Ocyptera*, et pas une ♀ ! Ceci peut paraître anormal, les ♀♀, moins mobiles que les ♂♂, étant en principe plus exposées qu'eux au parasitisme. Il faut, pour trouver une explication, admettre que la prise de possession s'est placée à un moment où les ♂♂ — et eux seuls, ou en majorité — se trouvaient passagèrement moins mobiles. Ce moment est celui de la mue imaginale que les ♂♂ subissent en moyenne avant les ♀♀.

La comparaison des taux de parasitisme de *Dolycoris baccarum* (L.) et *Holcostethus vernalis* (Wolff) parasités par *Ocyptera brassicaria* dans les stations XI, XI bis, etc..., précédemment citées, apporte également quelques éléments. En 1948, dans ces stations, j'ai récolté 26 *Dolycoris* (tous stades), dont 4 hôtes d'*Ocyptera*, soit 15,38 p. 100 et 30 *Holcostethus* (tous stades), dont 3 hôtes d'*Ocyptera*, soit 10 p. 100. Le taux de parasitisme des *Holcostethus* étant surfait (en raison de ce que les *Ocyptera* sont pour partie des parasites simultanés, v. ci-dessus), il y a entre ces taux une fort notable différence.

Il est certain que *Dolycoris baccarum* effectue en moyenne ses mues bien avant *Holcostethus vernalis*. Si la prise de possession s'effectue bien, avec le plus de succès pour des hôtes presque immobiles à la mue imaginale (comme il ressort de ce qui précède relativement à *Holcostethus*), le plus haut taux de *Dolycoris* parasité se trouve expliqué, les *Dolycoris* dans le temps de la reproduction des *Ocyptera* ayant été plus fréquemment en mue que les *Holcostethus*.

(24) Cette « protandrie » est connue, quant aux imagos, chez *Podisus maculiventris* Say (*Asopinae*) (A. COUTURIER, 1938, p. 112) et chez *Eurydema ornata* (L.) (*Pentatominae*) (L. BONNEMAISON, 1946, p. 118, note 1), d'après des observations d'élevages. Ce sont des dénombrements dans la nature qui me permettent de croire à sa généralité, et d'affirmer qu'elle existe aussi pour les stades V et peut-être IV (observations inédites).

Il a été vu, précédemment, combien, notamment dans le cas d'*Ocyptera*, la présence d'un premier parasite *Euphorinæ* chez l'hôte favorisait l'infestation de celui-ci. Il faut encore noter que jamais *Ocyptera brassicaria* n'avait été trouvée chez des stades préimaginaux de son hôte et que les deux seuls cas connus sont ceux de parasitisme simultané que j'ai rapportés.

Ces faits s'ajoutent à ce qui est relatif à la prise de possession lors de la mue de l'hôte, pour montrer qu'*Ocyptera* paraît réussir son attaque surtout lorsque l'hôte est peu réactif, déjà parasité, ou en mue... On conçoit que cela s'accorde assez bien avec la délicatesse probable de l'opération, qui consiste à introduire une larve vivante dans un hôte vivant. Malheureusement, on ne possède encore aucune observation directe de la ponte des *Ocyptera*.

b. — QUELQUES AUTRES ASPECTS DE LA BIOLOGIE DES *Phasiinæ* PARASITES

Ce qui précède met en évidence la grande importance de la biologie des hôtes, dont de nombreux points sont susceptibles d'expliquer les répartitions de parasites que l'on constate. Les résultats enregistrés amènent à considérer cette répartition comme une résultante de la biologie (cycle, écologie, comportement) de l'hôte et de celle du parasite adulte, l'infestation étant l'événement issu de leur coïncidence en temps et lieu, et dont la réussite éventuelle (c'est-à-dire le dépôt de l'œuf ou d'une larve, puis son développement) crée une apparence de spécificité. (Une spécificité réelle serait un choix de l'hôte qui ne paraît pas exister, sinon — et encore — en tant que choix d'un Hétéroptère).

Tout ce qui précède tient pour donnée la présence d'une espèce de parasite en une station et en un temps déterminés. Pour compléter cette étude, il resterait à savoir comment le parasite adulte se comporte quant à son cycle annuel, son écologie et son mode d'infestation de l'hôte.

Le malheur est que, si la biologie des hôtes, relativement connue, permet d'utiles spéculations quant au comportement de leurs parasites, on ne possède pas grands faits concernant directement ceux-ci. On pourrait utilement chercher à réunir les données éparses des faunes, catalogues, etc..., mais ce n'en est pas le lieu ici, où je ne pourrai guère citer que des travaux déjà amplement utilisés, et en outre, quant à l'écologie, quelques données de Richelieu.

En ce qui concerne le cycle annuel des *Phasiinæ*, tous les auteurs ayant étudié la biologie de ces Diptères en donnent quelques éléments ; je renvoie donc à l'ample bibliographie de ma Contribu-

tion IV, et plus particulièrement aux travaux de J. C. NIELSEN (1918), F. B. MILLIKEN et F. M. WADLEY (1923), M. I. KHLBNIKOVA (1927), R. L. BEARD (1940 *b*), E. OTTEN (1940), I. A. RUBTZOY (1947).

En ce qui concerne le comportement, R. L. BEARD (*l. c.*, p. 635) et I. A. RUBTZOY (*l. c.*) ont étudié l'activité diurne respectivement de *Trichopoda pennipes* (F.) et *Allophora subcoleoptrata* (L.) ; la ponte même des *Phasiinæ* n'a fait l'objet que des observations apparemment contradictoires de I. V. VASSILIEV (1913) et D. W. CLANCY (1946, p. 328) que je rapporte en ma Contribution V (p. 135).

En ce qui concerne l'écologie, on consultera très utilement les travaux de P. M. SUSTER (1929) et D. JACENTKOVSKIJ (1942, 1944). Mes observations à Richelieu apportent quelques données sur les biotopes où les *Phasiinæ* sont susceptibles d'infester leurs hôtes. Il apparaît comme possible, d'après les données de D. JACENTKOVSKIJ (1942), que des espèces, telles *Ocyptera brassicaria* (F.) et *Ectophasia crassipennis* (F.), existent dans des milieux assez divers ; par contre, il est manifeste que l'infestation des hôtes est limitée à certaines stations, tout au moins à Richelieu. Cela prouverait que les *Phasiinæ* parasites, pour leur activité reproductrice, exigeraient, selon leur espèce, telles ou telles conditions de milieu plus strictes que celles où s'exercent leurs activités trophiques et de relation.

Quoi qu'il en soit, j'ai autant que possible, lors de mes récoltes, noté le milieu de capture des hôtes ; ceci m'a conduit à reconnaître diverses stations ou milieux naturels limités et homogènes tels que prairies, clairières, etc..., dont les numéros figurent dans la partie I de ces observations. Les caractéristiques sommaires des stations citées sont les suivantes :

STATIONS I ET II. — Arbustes bordant les allées du parc de Richelieu ; sol sableux ; bon éclaircissement ; humidité faible (relativement à la station V et aux sous-bois).

STATION V. — Prairie sur sol alluvial, entre deux petits cours d'eau ; très ombragée de *Taxodium* et *Populus* ; la plus humide et la plus fraîche des stations du domaine (cf. végétation : *Equisetum arvense* L., *Heracleum sphondylium* L., *Eupatorium cannabinum* L., *Spiræa ulmaria* L., *Lythrum salicaria* L., *Scabiosa succisa* L., *Mentha aquatica* L., *Colchicum autumnale* L., *Alnus glutinosa* Gaertn., etc...).

STATIONS XI, XI bis, XII, XVI, XVII, XIX. — Clairières en forêt, sur sol sableux, très ensoleillées ; les stations les plus sèches du domaine de Richelieu, et les plus chaudes ; végétation : *Teucrium scorodonia* L., *Solidago virga-aurea* L., *Cynoglossum officinale* L., *Hypericum perforatum* L., *Euphorbia cyparissias* L., *Prunus spinosa* L., etc...

STATION III. — Arbustes (noisetiers, aulnes) et ronces (*Rubus*), bordant un sentier humide, frais et ombragé, sur sol alluvial.

STATION XIII. — Chênes, châtaigniers et arbustes en futaie claire, chaude, ensoleillée et sèche, sur sol sableux.

MARIGNY-MARMANDE (Indre-et-Loire). — Plateau sableux très sec et ensoleillé ; *Pinus*, *Erica cinerea* L., *E. vagans* L., *Calluna vulgaris* Salisb. et *Ulex europaeus* L.

BRASLOU (Indre-et-Loire). — Friche sableuse, aride, très sèche, ensoleillée et chaude à flanc de coteau ; *Pinus* de place en place, *Solidago virga-aurea* L., *Euphorbia cyparissias* L., *Eryngium campestre* L., *Muscari comosum* Mill., *Sarothamnus scoparius* Koch.

La présence de larves d'*Ectophasia crassipennis* (F.), deux années de suite, dans les seules « larves » de *Palomena prasina* (L.), de la seule station V, nous indique, étant donné qu'il s'agit d'hôtes non vagabonds, que le *Phasiinæ* se reproduit dans cette station, humide, si riche en *Heracleum sphondylium* L., ombellifère qui, d'après P. M. SUSTER (1929, pp. 61, 211), est « un des meilleurs appâts pour toutes les Tachinaires ».

On interprétera cette faculté d'infestation manifeste en une seule station d'après les remarques précédentes, de même pour le cas d'*Ocyptera brassicaria* (F.) qui est le suivant :

Les larves de ce *Phasiinæ* n'ont été trouvées que chez les *Dolycoris baccarum* (L.) et *Holcostethus vernalis* (Wolff) des friches arides. Ce *Phasiinæ* se reproduit donc dans ces stations sèches, chaudes, très éclairées (25), où j'ai d'ailleurs trouvé un imago d'*Ocyptera brassicaria* (F.) au vol, en fauchant des scabieuses (temps ensoleillé, milieu de l'après-midi, 17-9-1948). Les autres renseignements pour les autres espèces de *Phasiinæ*, lesquelles n'ont été observées qu'en plus petit nombre, n'ont pas de ce fait de valeur générale, sinon celle qu'ils acquerront à la lumière d'observations ultérieures.

ERRATA

Dans mes contributions III et IV, les notes infrapaginales auraient dû être numérotées à la suite, de 1 à 34. Dans ma contribution III elles ont été, en fait, numérotées page par page, de 1 à 2 ou 3, d'où diverses « coquilles », que les indications suivantes permettront de rectifier.

P. 220, note 2, au lieu de : « Se reporter à la note infrapaginale 5 », lire : *Se reporter à la note infrapaginale 2, p. 203.*

(25) P. M. SUSTER (1929, p. 174) note bien d'ailleurs que les espèces du genre *Ocyptera* ne volent que par les journées très chaudes et ensoleillées.

P. 220, note 3, l. 2, au lieu de : « (Cf. ma note infrapaginale 8, p. 5) », lire : (Cf. ma note infrapaginale 1, p. 208).

P. 229, l. 20, au lieu de : « ...capable de développement (22), lire : « ...capable de développement (1) ».

P. 229, note 2, au lieu de : « cf. p. 7 », lire : « cf. p. 214 ».

Le travail de W. H. ASHMEAD, auquel il est fait allusion dans ma contribution I, p. 325, a été publié dans *Psyche* (1894, pp. 59-66), c'est une note sur des Sphégides, dont certains sont prédateurs de divers Hétéroptères, dont les Pentatomides et *Palomena* (cf. C. DUPUIS, *La Feuille des Naturalistes*, n.s. II, pp. 111-113). Ce travail n'a donc aucun rapport avec les parasites internes des Pentatomides, et on supprimera ce qui le concerne dans ma contribution I.

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS

Le présent travail apporte les résultats d'observations sur les parasites d'Hémiptères Hétéroptères, poursuivies à la Station Expérimentale de Richelieu (Indre-et-Loire), durant les étés 1946, 1947 et 1948.

La première partie est constituée de notes donnant le détail de tous les « hôtes » (indemnes et parasités) recensés, le détail de tous les cas de parasitisme observés (date, identité et stade larvaire du parasite, sexe et stade de l'hôte, station écologique). Ces notes sont accompagnées des remarques nécessaires au complément des listes hôtes-parasites.

Les 13 cas de parasitisme ci-après sont observés et signalés pour la première fois :

Phasiinæ : *Stylogymnomyia nitens* (Meigen), parasite d'*Eurygaster testudinaria* (Geoffroy) et d'*Aelia acuminata* (L.). — *Clytomyia continua* (Panzer), parasite d'*Aelia acuminata* (L.). — *Gymnosoma* sp., parasite d'*Eurygaster maura* (L.), s. str. et d'*E. austriaca* (Schränk). — *Ectophasia crassipennis* (F.), parasite de *Palomena prasina* (L.). — *Allophora aurigera* Egger, parasite de *Rhaphigaster nebulosa* (Poda). — *Allophora pusilla* (Meigen), parasite de *Nysius lineatus* (Costa). — *Ocyptera brassicaria* (F.), parasite des juv. d'*Holcostethus vernalis* (Wolff). — *Phasiinæ* sp., parasite de *Rhopalus subrufus* (Gmelin).

LARVES DE BRACONIDES (**Euphorinæ** ?), parasites de *Dolycoris baccarum* (L.) et d'*Holcostethus vernalis* (Wolff).

Mermithidæ sp., parasite de *Dolycoris baccarum* (L.).

L'étude morphologique des larves de *Phasiinæ* non encore décrites et l'étude biologique et morphologique des *Euphorinæ* et *Mermithidæ* sont réservées.

La seconde partie du mémoire est consacrée à l'examen des faits biologiques qu'apportent les données de la première partie, quant aux Diptères *Phasiinæ*. Ces faits intéressent principalement la prise de possession des hôtes par les *Phasiinæ*.

Il apparaît que la répartition des parasites entre les espèces, stades et sexes des Hétéroptères hôtes est une *résultante* des biologies (cycle, écologie, comportement) des hôtes et parasites, l'infestation des premiers étant l'événement issu de la coïncidence de celles-ci, en temps et lieu, et dont la réussite éventuelle (dépôt de l'œuf ou d'une larve, puis développement de celle-ci) crée une apparence de spécificité.

La méthode d'analyse des résultats numériques des observations est donnée sommairement et les données de Richelieu exposées comme vérification des propositions suivantes :

1° Des hôtes de catégories différentes, mais présentant les mêmes facteurs favorisant la prise de possession par les *Phasiinæ* et les mêmes facteurs soustractifs sont, dans une même station, en un même temps, et pour une même espèce de *Phasiinæ*, parasités proportionnellement à leur fréquence, c'est-à-dire au hasard.

2° Dans des conditions de milieu et de temps identiques, et pour un même parasite, des hôtes de biologies différentes sont parasités en fonction croissante des facteurs favorables à la prise de possession par les parasites qu'ils présentent et en fonction décroissante des facteurs soustractifs qui sont les leurs.

Ces propositions sont discutées — et vérifiées quand les données nécessaires existent — pour des hôtes d'espèces, de sexes, de stades et d'états physiologiques différents (hôtes déjà parasités par un *Euphorinæ*, hôtes en mue), et on aboutit précisément aux constatations suivantes :

a) parasitisme proportionnel à la fréquence des hôtes, dans un cas favorable d'hôtes de catégories à biologies identiques (p. 226) ;

b) taux de parasitisme plus élevé pour les espèces d'hôtes peu mobiles que pour les espèces très mobiles ;

c) taux de parasitisme plus élevé — en général — pour les hôtes ♀♀ que pour les hôtes ♂♂. (Le devenir des populations d'hôtes après l'infestation peut amener, si les décès de ♂♂ indemnes sont supérieurs à ceux des ♂♂ parasités, à constater un taux de parasitisme supérieur chez les ♂♂, lesquels meurent en moyenne avant les ♀♀ ; cf. page 230) ;

d) taux de parasitisme apparemment plus faible pour les hôtes juvéniles que les hôtes au stade imaginal (si les deux coexistent) ;

e) taux de parasitisme plus élevé chez les hôtes déjà parasités par une larve d'*Euphorinæ* que chez les hôtes primitivement indemnes ;

f) taux de parasitisme le plus élevé chez les hôtes qui ont eu le plus de chances d'être parasités au moment d'une mue.

La vérification, grâce à ces constatations, des propositions 1 et 2 posées, conduit à admettre que l'infestation des hôtes par les *Phasiinæ* s'effectue sans choix « instinctif » ou autre de la part de ceux-ci et vis-à-vis de la valeur des hôtes pour le développement des larves parasites.

Les discussions relatives à ces vérifications ont, en outre, l'avantage de mettre en particulière évidence l'incidence d'une multitude de faits de la biologie des hôtes sur la répartition des cas de parasitisme. Ceci montre l'importance qu'il faut accorder à tous les aspects de la biologie non seulement des parasites, mais aussi de leurs hôtes, dans toutes études parasitologiques, théoriques, ou à plus forte raison appliquées (je fais allusion aux problèmes que pose la lutte biologique plus ou moins vouée à l'échec, sans une connaissance approfondie de la biologie du fléau à combattre et des ennemis qu'il convient de lui opposer).

Les données du présent travail intéressant proprement les *Phasiinæ* adultes, indépendamment de leurs rapports avec leurs hôtes, sont restreintes. Je rappelle quelques données sur les cycles biologiques et comportements, et fournis quelques indications — d'après mes données de Richelieu — sur l'écologie des espèces : *Éctophasia crassipennis* (F.) et *Ocyptera brassicaria* (F.), pour lesquelles il est permis de penser que l'activité reproductrice ne s'effectue au mieux que dans des conditions de milieu plus strictes (voire différentes) que celles où s'exercent leurs activités trophiques et de relation (et ce sont là autant de faits qui seraient à bien connaître, relativement aux procédés de lutte biologique).

J'espère que l'ensemble de ce travail aura montré l'intéressant faisceau de faits que peuvent apporter des observations nombreuses, minutieusement suivies et comparées entre elles, dans une localité de superficie limitée dont la faune entomologique et les stations écologiques peuvent n'en être que plus aisément définies, ce qui est le cas dans le Domaine Universitaire de Richelieu, auquel je me suis intentionnellement borné.

BIBLIOGRAPHIE

L'importante bibliographie donnée à la fin de ma Contribution IV me dispense de citer à nouveau tous les travaux utilisés à l'occasion

du présent travail, et pour la majorité desquels on se reportera à ma bibliographie de 1948.

Ne sont cités ci-après que les travaux qui n'y figurent pas, ainsi que mes « Contributions » avec leur référence.

- ALDRICH (J. M.). — Notes on Francis Walker's types of North american flies of the family Tachinidæ. *Proc. U.S. Nat. Mus.*, **80**, 1931, art. 10, 16 pp.
- BALDUF (W. V.). — The weights of *Sinea diadema* (Fabr.) (*Reduviidæ*, *Hemiptera*). *Ann. Entom. Soc. America*, Columbus, Ohio, XL, n° 4, déc. 1947 (26 janv. 1948), pp. 588-597, 1 fig., 4 tabl.
- The weights of *Phymata pennsylvanica americana* Melin (*Phymatidæ*, *Hemiptera*). *Ibid.*, XL, n° 4, déc. 1947 (26 janv. 1948), pp. 576-587, 1 fig., 5 tabl. (voir l'analyse de ces deux articles dans l'Année Biologique, sér. 3, t. **24**, pp. 138-139).
- BONNEMAISON (L.). — Action des températures constantes ou variables sur le développement d'un Hémiptère : *Eurydema ornatum* L. (Pentat.). *Annales des Epiphyties*, Paris, **n.s. 12**, 1946, Ser. entom., mémoire n° 4, pp. 115-143, graph., tabl.
- BROOKS (A. R.). — A revision of the north american species of the *Phasia* complex (*Diptera*, *Tachinidæ*). *Scientific Agriculture*, Ottawa, **25**, july 1945 (a), pp. 647-679, 28 fig.
- A revision of the north american species of the *Rhodogyne* complex (*Diptera Larvævoridæ*). *Canad. Entom.*, Ottawa, **77**, déc. 1945 (b), pp. 218-230, 21 fig.
- CLANCY (D. W.). — Natural enemies of some Arizona cotton insects. *J. econom. Entom.*, Menasha, Wisc., **39**, n° 3, june 1946, pp. 326-328.
- CHINA (W. E.). — *Eurygaster testudinaria* (Geoffroy), an addition to the list of british Heteroptera, with notes on the nomenclature of *E. maura* (L.), *E. borealis* Peneau and *E. meridionalis* Peneau. *Entom. month. mag.*, London, **63**, 1927, pp. 251-254, 10 fig.
- COUTURIER (A.). — Contribution à l'étude biologique de *Podisus maculiventris* Say, prédateur américain du Doryphore. *Annales des Epiphyties*, Paris, **n.s. 4**, fasc. 1, 1938, pp. 95-165, 25 fig.
- DUPUIS (Claude). — Insectes parasites nouveaux de *Palomena prasina* L. (Hémiptères Pentatomides) à Richelieu (Indre-et-Loire). *Ann. de Parasitologie hum. et comp.*, Paris, **21** (1946), pp. 302-330, 11 fig. (Publié en 1947, cité comme contribution D).
- Observations sur les *Phasiinæ* cimicophages. *La Feuille des Naturalistes*, Paris, **n.s. 2**, 1947, nos 7-8, pp. 79-80 (cité comme contribution II).
- Nouvelles données biologiques et morphologiques sur les diptères *Phasiinæ* parasites d'Hémiptères Hétéroptères. *Ann. de Parasitologie*, Paris, **22** (1947), nos 3-4, pp. 201-232, fig. 1 (cité comme contribution III, publié en 1948).
- Nouvelles données... (suite). *Ibid.*, **22**, 1947, nos 5-6, pp. 397-441, fig. 2-36 (publié en 1948, cité comme contribution IV). (Ces deux contributions réunies ont été également publiées comme « Mémoire présenté à la Fac. des Sc. de l'Univ. de Paris pour l'obtention du Diplôme d'Etudes Supérieures » (n° d'ordre 970) avec le même titre et pagination spéciale : pp. 1-80).

- DUPUIS (Claude). — Remarques sur le mode de spécificité parasitaire des *Phasiinæ* (Diptères *Larvævoridæ*). *Bull. Biol. Fr. Belgique*, Paris, **82**, n°s 2-3, 1948, pp. 130-140 (cité comme contribution V).
- Notes synonymiques et systématiques sur les *Phasiinæ* (Diptères *Larvævoridæ*). *Bull. Mus. Nat. Hist. Nat. Paris*, sous presse, Sér. II, XXI, 1949, fasc. 2 (cité comme contribution VI).
- FEDOTOV (D. M.). — Some observations on the internal state of imago of *Eurygaster integriceps*. *C.R. (Doklady) Acad. Sc. U.R.S.S.*, **n.s. 42**, n° 9, 1944 (a), pp. 408-411.
- Relations between *Eurygaster integriceps* and phasiid flies parasitic on the bug, and Phasiids as a means for controlling it. *C.R. (Doklady) Acad. Sc. U.R.S.S.*, **n.s. 43**, n° 3, 1944 (b), pp. 134-136.
- On functional changes in the imago of *Eurygaster integriceps* Put. *Zoologhitsheskii Journal*, **25**, n° 3, 1946 (a), pp. 245-250 (en russe, somm. anglais. Analyse in *Rev. Appl. Entom.*, **A 35**, 1947, pp. 345-346).
- Functional changes in the imago of the shield backed bug, *Eurygaster integriceps* Put. (*Heteroptera, Pentatomidæ*) during the annual cycle. *Bull. Acad. Sc. U.R.S.S., Ser. biol.*, 1946 (b), n° 4, pp. 325-353 (en russe, somm. anglais. Analyse dans l'Année Biologique, sér. 3, t. **24**, 1948, p. 299).
- GIARD (Alfred) et BONNIER (Jules). — Contributions à l'étude des Bopyriens. *Trav. Inst. Zool. Little et Labor. Zool. Marine Wimereux*, **5**, Lille, 1887, 272 pp., X pl., 30 fig., in texte.
- GIRSCHNER (Ernst). — Die europäischen Arten der Dipterengattung *Alophora*. *Zeitschr. F. Naturwissenschaften*, Halle, **60**, 1887, pp. 375-426, taf. II.
- JACENTKOVSKIJ (D.). — Zur tachinologischen Durchforschung des Schulforstgutes der Landwirtschaftlichen Hochschule in Brünn. *Sborník. Entom. odd. Zem. musea v Praze*, **20**, 1942, pp. 172-187 (en tchèque avec un important sommaire allemand).
- Raupenfliegen [Tachinoidea, Diptera] des Steinitzer Waldes. *Sborník. Entom. odd. Zem. Musea v Praze*, **21-22**, 1944, pp. 380-395 (en tchèque avec un important sommaire allemand).
- REUTER (O. M.). — Bemerkungen über mein Heteropterensystem. *Öfversigt af Finsk. Vetensk. Soc. Förhandl.*, Helsingfors, **54**, Afd. **A**, n° 6, 62 pp.
- REBAUT (Henri). — Caractères distinctifs de *Eurygaster maura* (L.) et *E. meridionalis* Peneau (Hem. Heteropt.). *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, **54**, 1926, pp. 103-112, 13 fig.
- ROHDENDORF (B. B.). — Morphologisches Studium an äusseren Genitalorganen des Calliphorinen (Diptera). *Rousskii Zoologhitsheskii Journal*, Moscou-Leningrad, **6**, 1926, fasc. 1, pp. 83-128. (En russe, bref sommaire en allemand).
- SUSTER (Petru M.). — Contributions à l'étude des Tachinaires en Roumanie. *Annales Scientifiques Univ. Jassy*, **16** (1930-1931), fasc. 1-2, janv. 1929, pp. 57-249, 14 fig. (en français).
- TISCHLER (W.). — Untersuchungen über Wanzen an Getreide. *Arb. über physiol. u. angew. Entom. aus Berlin-Dahlem*, **4**, n° 3, sept. 1937, pp. 193-231, 13 fig., 6 tabl.

Addenda

1° Dans l'étude qui précède, l'espèce *Gymnosoma rotundatum* est constamment notée « *Gymnosoma rotundatum* (L.) s.l. ». C'est qu'en effet, de l'avis d'au moins trois auteurs, il ne s'agit que d'un groupement artificiel d'espèces distinctes. B. B. ROHDENDORF (1926, p. 124) pense que « la vieille espèce *G. rotundatum* Auct. doit être entièrement démembrée en une série d'espèces et de sous-espèces caractérisées non seulement par des différences superficielles de structure et de pigmentation, mais encore par des caractères significatifs des structures génitales ♂♂ ».

N. BARANOFF en 1929 (p. 6) était d'avis qu'il pouvait exister une espèce de *Gymnosoma* jusqu'alors non reconnue. D'après A. R. BROOKS (1945 b, p. 219), « *Gymnosoma rotundatum* L. » est un complexe d'au moins trois espèces distinctes par leurs caractères génitaux.

Le démembrement du complexe *G. rotundatum* est certainement chose faite, car D. M. FEDOTOV (1944 b, p. 136) cite incidemment une « *Rhodogyne* [= *Gymnosoma*] *clavatum* Rohdendorf ». Malheureusement, il m'a été impossible de trouver la référence de la publication correspondante de ROHDENDORF, ou simplement une indication la concernant. Je n'en déplore que davantage de n'avoir pu entrer en correspondance avec mes collègues de l'U.R.S.S.

2° Dans l'étude qui précède, et notamment dans la partie I, par larve d'*Euphorinæ* au *dernier stade*, j'entends la larve telle que je l'ai décrite en ma Contribution I, p. 324, fig. 10 et 11. Cette précision me semble utile, car j'ai récemment observé chez des *Euphorinæ* incontestables un stade III de courte durée qui pourrait m'avoir échappé dans le cas des supposés *Euphorinæ* de Pentatomides.

C. DUPUIS, juin 1949.

Station expérimentale de Richelieu (Indre-et-Loire) (Directeur : P^e E. Brumpt) et Laboratoire de Parasitologie comparée (Ecole des Hautes-Etudes, C.N.R.S.) (Directeur : R. Ph. Dollfus), Muséum, Paris.

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DES DERMATOPHYTES
DU CONGO BELGE.

DESCRIPTION DU *TRICHOPHYTON* MÉGASPORE
T. RODHAINI N. SP.

Par R. VANBREUSEGHEM (1)

Dans un travail préliminaire sur les dermatophytes du Congo belge (Vanbreuseghem 1948), nous avons cru pouvoir identifier à *T. gourvili* Catanei un parasite isolé chez un malade de retour de la Colonie, et qui s'était présenté chez nous.

Cet homme était porteur, dans la région génitale, d'un herpès circiné constitué par des cercles parfaits d'un rouge sombre légèrement squameux, non suintants, à centre parfaitement sain et dans les squames desquels nous avons pu mettre en évidence de nombreux filaments mycéliens. Les poils enlevés, en même temps que les squames, dans la région malade, étaient tous intacts.

Les cercles d'herpès se situaient, dans la région pubienne, sur le haut de la face interne des cuisses, et l'un d'entre eux entreprenait le scrotum. L'affection aurait débuté au Congo belge, quelques jours avant le départ du malade pour la Belgique par avion. Son séjour à la Colonie est allé du mois de juillet au mois d'octobre, et durant ce temps sa profession de voyageur de commerce l'avait amené à toucher les villes les plus importantes de la Colonie, de sorte qu'il est impossible de déterminer l'endroit exact de l'infection.

D'autre part, le malade a consulté pour la première fois un mois après son retour, et nous n'avons comme preuve que l'affection débuta au Congo que ses propres affirmations. Il avait tendance à croire qu'il s'était infecté à Coquilhatville parce que, en cet endroit, il aurait dû passer une nuit dans des conditions particulièrement peu hygiéniques.

(1) Etude effectuée sous les auspices de l'Institut pour la Recherche Scientifique en Afrique Centrale.

Il est à peine nécessaire de dire que l'affection céda rapidement à une thérapeutique banale ; le malade, revu huit jours après le début du traitement, ne présentait plus qu'un seul cercle d'herpès dans la région pubienne, où l'onguent de Whitfield prescrit avait été mal appliqué. Huit jours plus tard, la guérison était complète. Un mois et demi après le début du traitement, le malade se soumit à notre examen, et nous pûmes confirmer la guérison.

Rappelons rapidement que Catanei (1933) avait, de cheveux qui lui furent envoyés de Bamako, isolé un dermatophyte produisant une lésion pilaire qui ne se différencie pas de celle qu'on observe dans les teignes dues aux trichophytons de la section endothrix et qu'il put transmettre au cobaye chez lequel il retrouva la même lésion.

Suivant Catanei, les colonies de *T. gourvili* sont d'abord glabres et cireuses et présentent des circonvolutions. Après un certain temps, elles se couvrent d'un duvet, mais certaines sont restées glabres et devenues violettes ou mauves. Les colonies sont surélevées de 3 à 4 mm. au-dessus du milieu de culture, tandis que la périphérie se poursuit par des rayons qui courent à la surface de la gélose. Le pléomorphisme, précoce, peut apparaître en un mois. Dans les cultures glabres on ne trouve, à côté du mycélium, que des arthrospores et parfois d'assez grosses chlamydospores. Par contre, dans les colonies duveteuses, on trouve des aleuries piriformes disposées sur des appareils sporifères simples ou composés. Sur milieu naturel, on peut observer des fuseaux qui, s'il faut en juger d'après la figure, ont une forme massuée. L'auteur conclut en disant que la seule confusion possible serait avec *T. violaceum*, mais que la présence des appareils sporifères conduit à en faire une espèce nouvelle.

Les caractères macroscopiques de nos cultures nous paraissant semblables à ceux de *T. gourvili*, nous eûmes l'occasion de comparer nos cultures à une souche mise gracieusement à notre disposition par le Dr Catanei, mais nous dûmes arriver à la conclusion que ces colonies étaient bien distinctes l'une de l'autre. Et d'ailleurs, comme nous le verrons plus loin, les lésions produites dans le poil du cobaye par notre parasite diffèrent absolument de celles que déterminent le *T. gourvili*.

Caractères macroscopiques des cultures. — Les caractères macroscopiques des cultures du parasite que nous nous proposons de dénommer *Trichophyton rodhaini* (1) seront décrits sous trois as-

(1) Nous dédions ce Dermatophyte au Prof. J. Rodhain, qui fut le seul médecin belge qui publia un travail sur les teignes du Congo Belge, et qui mit en évidence le *T. schænleini* dans le Bas-Congo.

pects différents : l'aspect de la colonie à ses débuts, certains aspects pris durant l'adaptation de ce parasite au milieu de culture, et enfin l'aspect qu'il semble avoir adopté définitivement sur le milieu d'épreuve de Sabouraud.

L'aspect de la colonie primaire à ses débuts est absolument comparable sinon identique à celle du *T. violaceum* : colonie absolument glabre, plissée, acuminée, d'aspect humide, et d'un violet profond. Au treizième jour après l'ensemencement, elle a 3 mm. de diamètre, elle est acuminée, ridée, sèche, violacée et couverte d'un léger duvet. Au vingtième jour, elle est franchement duveteuse, acuminée, radiée, et sous le duvet blanc, on retrouve sa teinte violette. Cet aspect duveteux l'écarte du *T. violaceum*, et l'examen microscopique (nous le verrons d'ailleurs plus loin), d'une partie de ce duvet, montra qu'il était chargé d'aleuries. La colonie se développa lentement en augmentant l'importance de son duvet blanc, mais en conservant toujours en profondeur sa teinte violacée. Des repiquages, effectués à partir de cette colonie primaire, nous donnèrent deux types de colonies : l'un se présente sous l'aspect d'une colonie mauve, presque glabre, un peu poussiéreuse, légèrement acuminée, parcourue de quelques plis radiés assez profonds. Au verso de cette colonie, qui est violet foncé au centre, on aperçoit des sillons qui s'étendent en profondeur. Le second type, qui est celui que ce parasite semble avoir acquis définitivement sur les milieux d'épreuve, se présente sous l'aspect d'une colonie duveteuse, blanche, reposant sur un fond mauve ou violacé, entouré d'une périphérie cireuse, à digitations qui s'enfoncent dans le milieu de culture. Le verso de cette colonie est violacé au centre, jaunâtre à la périphérie.

Nous n'avons vu apparaître de colonies franchement violettes que sur milieu glycosé à 2 p. 100. Sur les milieux maltosés ou peptonés, le pigment n'apparaît pas.

Voici, à titre d'exemple, la description de quelques colonies sur les différents milieux :

1. — Culture de *T. rodhaini* en matras sur milieu glycosé à 2 p. 100, âge : 36 jours. — La partie centrale est un cratère où viennent aboutir 4 à 5 sillons radiés assez profonds. L'ensemble de la colonie est surélevé de 3 à 4 mm. au-dessus du milieu de culture. Elle est violacée et poudreuse. La périphérie est blanche, plane et poudreuse. Le verso est, au centre, noir violacé.

2. — Culture de *T. rodhaini* en matras sur milieu glycosé à 2 p. 100, âge : 23 jours. — Colonie blanche, duveteuse, reposant sur une base cireuse. En crevant le duvet au centre de la colonie, on trouve du mycélium violacé. Au verso, le centre est brun foncé, la périphérie d'un jaune assez clair.

3. — Culture de *T. rodhaini* en matras sur *milieu maltosé* à 4 p. 100, âge : 57 jours. — Colonie blanche en partie poudreuse, en partie duveuse. La partie poudreuse est parcourue par des sillons radiés, nombreux et peu profonds. Le verso est brun foncé au centre, plus clair à la périphérie.

4. — Culture de *T. rodhaini* en matras sur *milieu de conservation*. — Colonie blanche, couverte d'un duvet très court, sous lequel on devine une teinte cireuse. La colonie est légèrement acuminée. Le verso est brun clair.

5. — Culture de *T. rodhaini* sur *milieu au crottin de cheval*, âge : 43 jours. — La colonie est blanche, généralement poudreuse ou duveuse, et de forme très irrégulière. Elle est en partie immergée dans le milieu de culture.

N'ayant eu l'occasion d'observer que le développement d'une seule colonie, nous ne pouvons savoir, dès à présent, si le même développement se rencontrera dans les cas que l'on serait amené à rencontrer ultérieurement ce champignon, et si cet aspect de *T. violaceum*, que prend au début de son développement le *T. rodhaini*, pourra être d'une façon définitive considéré comme caractéristique.

Pléomorphisme. — Les cultures de *T. rodhaini* manifestent une certaine tendance au pléomorphisme. Cependant, après cinq mois, nous ne sommes pas encore parvenus à obtenir des cultures complètement pléomorphiques. Celles dont nous disposons sont blanches, extrêmement duveteuses, mais les dilacérations du duvet mettent encore en évidence quelques aleuries et de nombreuses chlamydospores.

Aspect microscopique des cultures. — La dilacération, dans du Lugol, d'une colonie de *T. rodhaini*, permet de constater la présence d'aleuries en nombre relativement restreint, disposées le long de filaments mycéliens du type *Acladium*. Dans des cultures âgées, ou plus aisément sur du milieu au crottin de cheval, nous avons pu constater la présence de fuseaux assez rares, en massues, à paroi mince, renfermant trois ou quatre loges. Nous n'avons jamais pu mettre en évidence de vrilles ou d'autres organes différenciés.

Nous avons trouvé également, dans les cultures, un grand nombre de chlamydospores de différents types : latérales, terminales, ou disposées en séries linéaires. Ces chlamydospores étaient particulièrement nombreuses dans les cultures secondes, d'aspect violacé.

Voici quelques résultats d'examens pratiqués par délicération des colonies en Lugol :

1. — Culture de *T. rodhaini* sur milieu glycosé à 2 p. 100, âge : 48 jours. — Outre le mycélium végétatif banal, on trouve de très gros éléments mycéliens à segments très courts, de nombreuses chlamydospores intercalaires ou terminales. Ces chlamydospores sont de volume variable et certaines sont très grosses. On trouve également des aleuries rondes ou piriformes libres.

2. — Culture de *T. rodhaini* sur milieu glycosé à 2 p. 100, âge : 23 jours. — On note la présence d'aleuries rondes ou légèrement piriformes disposées en thyrses, existence de très nombreuses chlamydospores de volumes variés. Un seul fuseau en forme de massue.

3. — Culture de *T. rodhaini* sur milieu de conservation, âge : 48 jours. — Nombreuses aleuries rondes ou piriformes, libres dans le Lugol. Très nombreuses chlamydospores. Fuseaux, rares, en forme de massues, divisés en 4 à 5 ou 6 loges — généralement 4. — L'extrémité distale des fuseaux est arrondie ; le diamètre du fuseau va en diminuant vers le point d'insertion, où il reste cependant encore large.

4. — Culture de *T. rodhaini* sur milieu au crottin de cheval, âge : 43 jours. — Nombreuses hyphes sporifères : les aleuries sont rondes et présentent dans leur disposition l'image classique des *Trichophytons*. Chlamydospores assez nombreuses, souvent terminales, parfois en chaîne. Rares éléments de mycélium à raquettes. Fuseaux assez nombreux en massues. Leur diamètre moyen est de $5,4\ \mu$ (diamètre maximum : $6,75\ \mu$, diamètre minimum : $4,05\ \mu$) et leur longueur moyenne $29,7\ \mu$ (longueur maxima : $45,9\ \mu$, longueur minima : $13,5\ \mu$).

On ne trouve ni vrilles, ni hyphes en crosses, ni organes en bois de cerfs.

Aspect microscopique des cultures sur lames. — Les cultures sur lames ont été réalisées selon la technique de Rivalier-Seydel (1932). Les filaments végétatifs courant à la surface de la gélose sont pratiquement rectilignes et donnent naissance, en arrière des septa distaux, à d'autres filaments végétatifs. Les filaments aériens prennent en général naissance plus en arrière du septum distal que les filaments végétatifs. Certains sont extrêmement onduleux, d'autres sont très rectilignes et peuvent parcourir de longues distances à la surface du milieu de culture, sans dévier en aucun point. Sur ces filaments aériens, naissent, de part et d'autre, des aleuries du type *Acladium*, piriformes ou arrondies (fig.). Le fragment du filament qui leur donne naissance se vide en elles de son protoplasme. Dans aucune des cultures sur lames que nous avons pratiquées, nous n'avons pu trouver de fuseaux. Les chlamydospores sont extrêmement rares. Nous n'avons pas noté la présence d'organes nodulaires.

Remarquons, dès à présent, que Sabouraud, à propos de *T. roseaceum*, a insisté sur la longueur et la rectitude des filaments aériens porteurs d'aleuries.

Voici les protocoles d'examen des cultures sur lames d'âges différents. On constatera qu'il est indispensable, pour se faire une idée

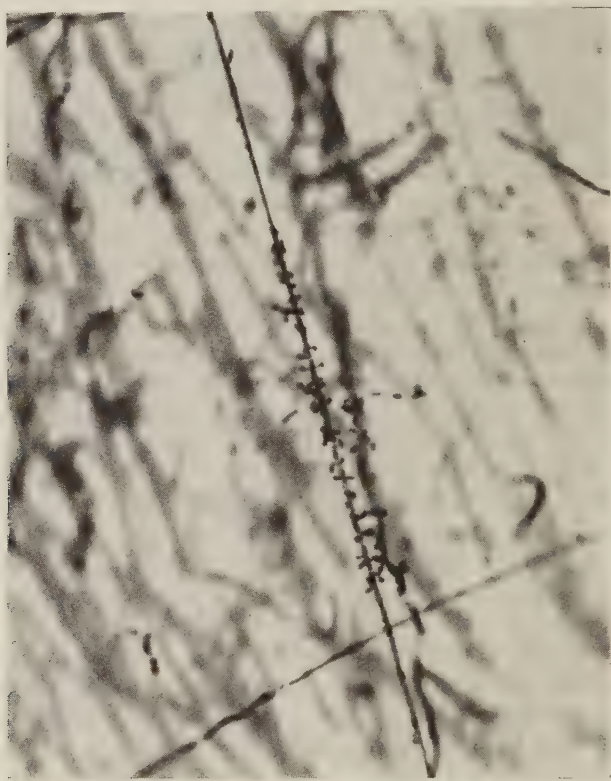


FIG. — *Trichophyton rodhaini*. — Culture sur lame âgée de 17 jours. La photographie met bien en évidence les longs filaments rectilignes chargés d'aleuries.

d'ensemble de la morphologie d'un dermatophyte, de pratiquer de nombreuses cultures sur lames, car, pour des raisons qui échappent à notre observation, les résultats sont souvent différents.

1. — Examen d'une culture sur lame de *T. rodhaini*, âgée de 8 jours. — La culture est fort peu développée et son diamètre est à peine 1 cm. Les filaments végétatifs sont rectilignes et donnent naissance à des fila-

ments latéraux, qui prennent naissance immédiatement en arrière du septum distal. Les filaments aériens naissent beaucoup plus en arrière, parfois à mi-longueur du segment mycélien qui leur donne naissance. Ils sont, soit extrêmement contournés, soit extrêmement droits. En mûrissant, les segments des filaments aériens se divisent en segments beaucoup plus courts sur chacun desquels naîtra une aleurie.

Les aleuries sont du type *Acladium*, piriformes ou arrondies. Elles sont étroitement reliées aux segments mycéliens qui leur ont donné naissance et qui sont encore très chargés de protoplasme. Aucun autre élément n'est constaté.

2. — Examen de deux cultures sur lames de *T. rodhaini*, âgées de 16 jours. — Ces cultures ne se sont presque pas développées et leur diamètre n'atteint que quelques millimètres. Certains filaments aériens sont réduits en petits segments qui sont restés stériles.

3. — Examen d'une culture sur lame de *T. rodhaini*, âgée de 17 jours. — Cette colonie a 2 cm. de diamètre environ et est bien développée. Elle présente les mêmes caractères que la culture de huit jours, plus quelques particularités que voici : certains filaments sporifères rectilignes sont extrêmement longs et on peut les suivre sur plusieurs champs microscopiques sans qu'ils dévient de la ligne droite ; le protoplasme des filaments sporifères, par endroits, est complètement passé dans les aleuries ; il existe des formations en buissons constituées par des hyphes quittant le filament végétatif à angle presque droit et se ramifiant en éléments qui rappellent les chandeliers faviques ; il existe d'assez nombreuses anastomoses entre les filaments végétatifs ; certains filaments végétatifs ont une allure de bâtons noueux.

Inoculation au cobaye. — Nous avons pratiqué plusieurs inoculations au cobaye, soit à partir d'une primo-culture âgée de 24 jours, soit à partir d'une culture seconde âgée d'une quinzaine de jours. Les résultats obtenus ont été identiques dans les deux cas. La technique d'inoculation est celle recommandée par Rivalier (1929) et qui consiste à mélanger une certaine quantité d'une culture avec une quantité égale de miel. Le mélange est appliqué par scarification au dos rasé du cobaye.

Les premiers poils infectés furent observés au neuvième ou au dixième jour suivant l'inoculation. La symptomatologie clinique est réduite à un érythème squameux localisé à l'endroit d'inoculation et ne manifestant aucune tendance à l'extension périphérique. Les derniers poils infectés ont été constatés au 28^e jour après l'inoculation faite avec la primo-culture, au 15^e jour dans le cas où elle fut pratiquée avec une culture seconde. Une rétro-culture, pratiquée 15 jours après l'inoculation de la primo-culture, donna une colonie typique de *T. rodhaini*, mais qui rapidement manifesta une tendance au pléomorphisme. Les lésions observées sont :

1. une lésion filamenteuse à filaments gros et nombreux intra-pilaires ;

2. à un stade plus avancé, ces filaments se réduisent en grosses spores vaguement cubiques, disposées en chaînettes à l'intérieur du poil ;

3. à un stade plus avancé encore, on constate que le poil est entouré d'une gaine, soit en totalité constituée de grosses spores carrées, soit d'un mélange de spores et de filaments.

Cette gaine ne remonte généralement sur le poil que sur une partie de sa longueur, et depuis sa base vers son extrémité, va en s'amincissant. Si l'on observe avec soin des poils pareillement atteints, on peut s'apercevoir qu'à l'extrémité distale du poil, la lésion est soit filamenteuse pure, soit filamenteuse et arthrosporee, tandis que vers la base du poil on n'aperçoit que la lésion ectothrix.

On trouve fréquemment, dans les préparations faites à partir du cobaye infecté, d'assez gros amas de spores et de filaments libres en dehors du poil. Cet aspect de la lésion pileaire nous conduit à rapprocher ce parasite du *Trichophyton* duveteux, mégaspore, *T. rosaceum*, décrit par Sabouraud, et pour lequel il a pu mettre en évidence la présence de spores intra-pilaires, et autour du poil un réseau filamenteux réduit par places à de grosses spores. Il nous semble que *T. rodhaini* reproduit la lésion pileaire du *T. rosaceum* à un stade un plus avancé que ne le fait ce dernier.

Il ne nous paraît pas inutile de reproduire ici le texte même de Sabouraud au sujet de *T. rosaceum* (Sabouraud, *Les Teignes*, p. 381). Sabouraud reprend le texte même de sa description princeps de 1893 :

« " Le poil ", écrit-il, " est occupé par des séries linéaires de grosses spores rondes, à double contour, qui le remplissent complètement. Quand le poil dissocié dans la potasse est tant soit peu écrasé, toutes ses spores se dissocient et s'égrènent dans le champ de la préparation sans garder leur agemination en longs filaments. Dans la gaine, au contraire, les filaments mycéliens, beaucoup plus grêles que les chaînes de spores, sont cependant plus solides, ils sont sporulés sur places, non sporulés à leur extrémité "... " Sur des préparations bien faites, on peut observer ainsi sur deux plans successifs : 1. les minces filaments mycéliens de la chaîne folliculaire faisant un réseau autour du poil ; 2. le poil bourré de grosses spores contenues dans le réseau comme dans une cage. " »

Cependant, on ne peut s'attendre à rencontrer ce double tableau tout à fait identique sur chaque poil. Plus souvent, on rencontre

chacun des deux aspects du parasite sur des poils différents ou en deux points différents du même poil.

RÉSUMÉ

Les caractères cultureaux, les caractères microscopiques et la nature de la lésion pileaire, conduisent à faire du *T. rodhaini* un *Trichophyton* mégaspore à colonie duveteuse. Les lésions observées chez l'homme, comme celles produites par *T. rosaceum*, montrent peu de tendance à la vésiculation. Les lésions produites chez le cobaye sont érythémato-squameuses. Il nous est impossible de dire avec certitude si ce parasite est originaire d'Afrique ou non. Ce que nous savons, c'est qu'il fut isolé à partir des lésions chez un Européen, peu de temps après son retour du Congo belge. Le malade assurait que ses lésions avaient commencé quelques jours avant de quitter la colonie pour rentrer en Belgique. Nous pouvons momentanément le considérer comme un parasite africain, quitte à revenir ultérieurement sur cette classification géographique.

BIBLIOGRAPHIE

- CATANEI (A.). — Description de *Trichophyton gourvili* n. sp., agent d'une teigne de l'homme. *Bull. Soc. Path. Exot.*, XXVI, 1933, p. 377.
- RIVALIER (E.) et SEYDEL. — Nouveau procédé de cultures sur lames gélosées appliqué à l'étude microscopique des champignons des teignes. *Ann. Parasit.*, X, 1932, p. 444-452.
- RIVALIER (E.). — Recherches expérimentales sur l'allergie et l'immunité trichophytique. *Ann. Dermat. Syph.* (6), X, 1929, n° 6.
- SABOURAUD (R.). — *Les Teignes*, Paris, 1910.
- VANBREUSEGHEM (R.). — Contribution à la connaissance des Dermatophytes du Congo Belge. *Ann. Soc. Belge Méd. Trop.*, XXVII, 1948.

Institut de Médecine tropicale Prince Léopold. Anvers.
(Directeur : Prof. A. Dubois).

DESCRIPTION D'UN NOUVEAU DERMATOPHYTE
ISOLE AU CONGO BELGE,
SABOURAUDITES (MICROSPORON) DUBOISI, N. SP.

Par **R. VANBREUSEGHEM** (1)

Les parasites végétaux, responsables de maladies humaines ou animales au Congo belge, sont encore très mal connus. Cependant l'existence des mycoses cutanées, tant chez l'Européen que chez l'indigène, est d'une telle réalité, que personne ne peut les ignorer. Nous avons, nous-même (Vanbreuseghem 1947), constaté que les mycoses représentaient, dans une petite communauté européenne du Congo belge, 26,2 p. 100 de l'ensemble des dermatoses.

Ce que nous ne savons pas, c'est à quelles espèces de dermatophytes sont dus les symptômes cutanés que tout médecin colonial est amené à constater chaque jour ; c'est la répartition géographique de ces espèces ; c'est l'importance de chacune d'entre elles.

Ce que nous ignorons également, c'est l'existence d'autres mycoses et le rôle qu'elles peuvent jouer dans la pathologie congolaise. On nous objectera peut-être que si des mycoses réellement importantes existaient, on n'aurait pu ne pas les remarquer. Et sans doute cette objection vaut-elle quant au grand nombre des cas. Cependant, on ne pourrait dire que l'histioplasmosse, dont, dans le monde entier, un nombre relativement restreint de cas nous est connu, soit une affection sans importance, puisque son diagnostic n'est souvent qu'une découverte d'autopsie, et que certains cas évoluent vers la mort. On ne pourrait dire non plus que la coccidioïdomycose ne présente guère d'intérêt aux Etats-Unis, puisque sa connaissance a permis, en partie au moins, d'élucider de troublants symptômes des voies respiratoires. On ne peut nier qu'il soit intéressant de reconnaître une affection comme la sporotrichose qui, récemment, en l'espace de quelques mois, immobilisait, dans les

(1) Etude effectuée sous les auspices de l'Institut pour la Recherche Scientifique en Afrique Centrale.

mines de Witwaters'rand (1947), plus de deux mille travailleurs noirs et blancs. En fait, ce que nous ignorons sur les mycoses profondes en Afrique Centrale reste tout entier à démontrer et nous ne pouvons que nous associer à ceux qui, avec Duncan (1948), souhaitaient, à la fin de l'an dernier, que l'étude des mycoses, dans les territoires d'outre-mer, reçoive une attention qui, jusqu'à présent, ne leur a pas été accordée. Il vaut la peine, nous semble-t-il, de citer Ainsworth (1948), qui, à la suite du travail de Duncan, signale ce qui suit : durant les cinq dernières années, un millier de travaux de mycologie médicale ont été publiés. Environ 600 d'entre eux furent écrits, aux Etats-Unis, sur des sujets locaux, tandis que 22 seulement émanaient d'Algérie, 6 d'Afrique du Sud et 8 du reste du continent africain.

L'ignorance dans laquelle nous sommes des mycoses du Congo belge — et ceci vaut sans doute pour bien d'autres régions tropicales — trouve sa raison principale, nous semble-t-il, dans le fait que, depuis le début de la colonisation, les médecins belges se sont trouvés dans la nécessité de résoudre des problèmes épidémiologiques et thérapeutiques qui ne pouvaient souffrir aucun retard. Il suffit de citer la maladie du sommeil et de rappeler qu'après avoir causé des ravages énormes, elle se trouve actuellement jugulée et que les désastres qu'elle cause encore sont maintenant fort réduits. L'attention que les médecins durent apporter à cette maladie dont l'agent étiologique est, durant une partie de son cycle, sanguicole, provoqua un courant de recherches tel que les hématozoaires furent parfaitement décrits. Mais, dans d'autres domaines, on s'est souvent borné à des observations purement cliniques et à des thérapeutiques empiriques, soit parce que le mal semblait sans importance, soit parce qu'on n'en devinait pas la nature exacte.

Dans un travail récent, présenté à la Société Belge de Médecine Tropicale (1948), nous avons fait la bibliographie des recherches consacrées aux mycoses du Congo belge, et nous avons d'autre part démontré l'existence, dans notre colonie, de deux dermatophytes : *Trichophyton ferrugineum* (Ota) Talice, agent de la teigne microscopique en Extrême-Orient, retrouvé par Talice (1931) à Montevideo, par Lewis et Hopper aux Etats-Unis, par Salazar Leite en Angola (1947), et *Trichophyton glabrum* Sabouraud 1909, parasite bien connu et de répartition mondiale. Des résultats que nous avons obtenus jusqu'à présent, il semble bien que *T. ferrugineum* doive être considéré comme un des dermatophytes des plus répandus au Congo belge. Nous l'avons isolé de cas provenant du Nord (Banalia, Ibambi, Pawa) et du Sud de l'Equateur (Kangu, Jadotville). Le dermatophyte que nous allons décrire sous le nom de

Sabouraudites (Microsporon) duboisi (1), fut isolé de squames prélevées à Kangu sur un herpès circiné développé à la face chez un bébé européen. Les squames nous furent aimablement envoyées par le Dr Kivits.

Nous n'avons malheureusement pu mettre en évidence le parasite dans les squames et nous devons limiter notre étude à la description des cultures et de la lésion expérimentale chez le cobaye.

Aspect macroscopique des cultures. — Notons tout d'abord qu'il n'y a pas de différence appréciable entre les colonies développées sur gélose glycosée à 2 p. 100, gélose maltosée à 4 p. 100, ou encore sur milieu de conservation.

Les colonies se développent assez rapidement et, quelques jours après l'ensemencement, se présentent sous l'aspect d'un assez long duvet blanc reposant sur une base de 3 à 4 mm. de diamètre. Vers le dixième ou douzième jour, la colonie ayant atteint le diamètre du tube de culture (15 à 20 mm.), devient poudreuse à la périphérie. En boîte de Petri ou en Erhlenmeyer, la partie poudreuse prend quatre cinquièmes du diamètre de la colonie et seul le centre reste duveteux. Cette zone poudreuse a une teinte orange très claire.

Le verso des colonies sur milieu glycosé à 2 p. 100 est jaune clair, sur milieu maltosé à 4 p. 100 et sur milieu de conservation le verso est d'un jaune plus foncé.

Ensemencée dans un récipient qui lui laisse toute liberté de se développer, la colonie adopte une forme circulaire à bords légèrement frangés et ne présente que peu de relief ; nous n'avons jamais vu ces colonies parcourues de sillons, radiaires ou concentriques. La partie poudreuse a un aspect finement granuleux.

En tube à essai, la culture ne tarde pas à envahir toute la surface du milieu ; on voit des parties tout à fait poudreuses, circulaires, en dehors du centre d'ensemencement, entourées de duvet blanc ; d'autres plages poudreuses sont de contours extrêmement capricieux.

Sur milieu au crottin de cheval, les colonies sont généralement poudreuses ; parfois le centre est duveteux ; elles sont très irrégulières de contours et envahissent la surface par petites plages.

En bouillon glycosé à 2 p. 100, il apparaît des flocons épars dans le liquide ; puis au point de contact de la surface du liquide et du verre, il se forme un anneau épais, duveteux et jaune très clair. Un voile finira par recouvrir le milieu de culture.

(1) Nous avons dédié au Professeur A. Dubois, Directeur de l'Institut de Médecine Tropicale Prince-Léopold, à Anvers, ce nouveau *Microsporon* en remerciement pour l'hospitalité généreuse qu'il nous a accordée dans son laboratoire et l'intérêt stimulant qu'il a bien voulu manifester pour nos recherches.

Pléomorphisme. — Le pléomorphisme apparaît difficilement sur les milieux sucrés et il est peu extensif. On voit des petites touffes de duvet blanc, parfois blanc rosé, se développer en un point quelconque de la colonie. Mais après six mois de culture, nous n'avons pas encore obtenu de dégénérescence pléomorphique complète.

Aspect microscopique des cultures. — Ce qui frappe le plus dans une culture âgée de quelques jours (dès le troisième ou quatrième jour), c'est l'abondance extrême des fuseaux qui fait immédiatement penser à un *Microsporon* d'origine animale. On trouve également des aleuries en très grand nombre, disposées en thyrses ou en petits amas. Sur milieu au crottin de cheval apparaissent facilement des spires, des hyphes en crosse et des organes en bois de cerf. Nous donnerons, ci-dessous, quelques-uns des caractères microscopiques de ce dermatophyte, d'après l'étude que nous avons faite du parasite en cultures sur lames (méthode de Rivalier-Seydel) et par dilacération des cultures dans le Lugol double.

Les *filaments végétatifs*, dont le diamètre dans la zone d'accroissement est de 3 à 5 μ , donnent naissance, immédiatement en arrière du septum distal, à d'autres filaments végétatifs qui rampent à côté d'eux sur la surface du milieu.

Les *filaments aériens* naissent des filaments végétatifs à une assez grande distance en arrière du septum distal et à leur point d'origine ils paraissent, en cultures sur lames, rétrécis légèrement et enroulés sur eux-mêmes, suivant leur grand axe.

Les segments des filaments végétatifs sont beaucoup plus longs (40 à 75 μ) que ceux des filaments aériens.

Les *fuseaux* : comme nous l'avons indiqué, leur abondance est extrême. Ils sont presque cylindriques ; leur extrémité antérieure est pointue, leur base insérée sur un pédicule long et mince. Leurs parois, uniformément minces, sont couvertes de verrucosités. Leur longueur moyenne est de 50 à 60 μ ; leur largeur de 8 à 9 μ . Ils se distinguent aisément des fuseaux lancéolés de *Sabouraudites lanosus* et des fuseaux trapus de *Sabouraudites gypseus*. Le nombre moyen de leurs loges est de 6. Contrairement à ce qui est signalé pour *S. gypseus*, les fuseaux ne se rencontrent pas en grappes.

Au sujet de ces fuseaux, trois points nous paraissent dignes de remarque :

1° Quoique dans l'ensemble, les fuseaux aient une forme type (reproduite par la photographie), ils manifestent un certain polymorphisme. Certains sont extrêmement allongés, d'autres sont incurvés sur leur grand axe. Rarement, on trouve de très longs fuseaux séparés par deux ou trois étranglements.

2° Il arrive que les filaments aériens, dans la partie qui précède la naissance des fuseaux, soient segmentés en gros éléments arthros-porés et riches en protoplasme comme les fuseaux eux-mêmes.

3° Environ 10 p. 100 des fuseaux se prolongent par un filament que nous appelons appendice flagelliforme. Cet appendice peut être divisé en deux, voire trois segments, mais ce fait est tout à fait exceptionnel : la plupart du temps il est simple. Sa longueur — même lorsqu'il est segmenté — n'excède jamais la longueur des fuseaux. Cet appendice flagelliforme naît de l'enveloppe du fuseau à son extrémité et n'est pas comme on pourrait le croire produit par le cytoplasme accumulé dans la loge distale du fuseau. Sa naissance est représentée par une condensation de la membrane du fuseau. Nous n'avons jamais vu d'aleuries prendre naissance sur cet appendice.

Dans la primo-culture, cet appendice flagelliforme était un caractère constant de chaque fuseau ; dans les repiquages ultérieurs, ils sont devenus moins fréquents, mais il ne s'est pas trouvé de culture dans laquelle nous ne les ayons pas rencontrés.

Les *aleuries* dans les jeunes cultures sont piriformes (de 1,5 à 2 μ sur 5 à 6 μ) et du type *Acladium*. Dans les cultures plus âgées, on voit d'assez nombreux petits amas d'aleuries en grappes arrondies. Rarement on remarque une ébauche de croissance, dite en croix de Lorraine.

Les *spires*, les *hyphes en crosse*, les *organes en bois de cerf* sont apparus en abondance sur le milieu au crottin de cheval (formule de Buller). Les spires sont lévogyres et du type détendu ou du type court. Jamais nous n'en avons rencontrées sur les milieux ordinaires même très âgés.

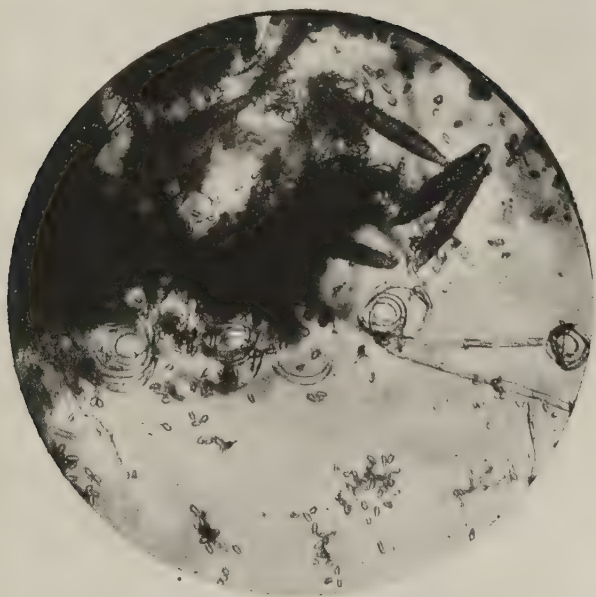
Chlamydospores et *organes nodulaires*. Nous les citons ensemble parce que nous n'avons rencontré ni les uns ni les autres. Rappelons que les organes nodulaires sont considérés comme fréquents chez *Sabouraudites gypseus*.

Inoculation à l'animal. — L'inoculation au cobaye n'a donné, dans plusieurs cas, qu'une lésion érythémato-squameuse, avec présence

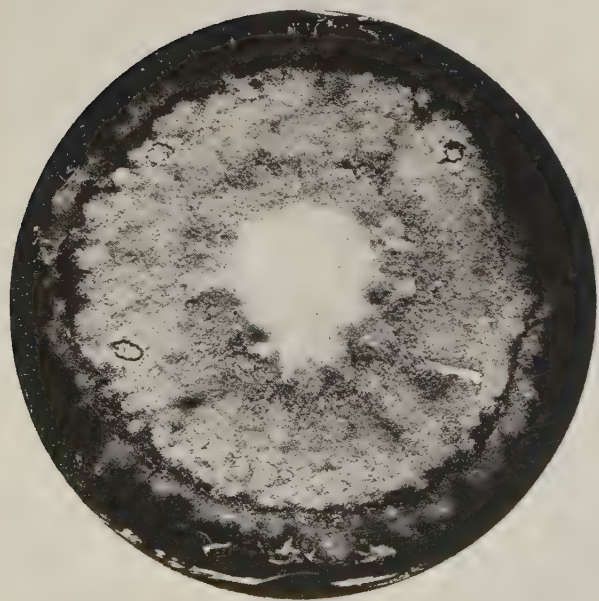
EXPLICATION DE LA PLANCHE X

FIG. 1. — *Microsporon duboisii*. Culture sur milieu au crottin de cheval âgée de deux mois.

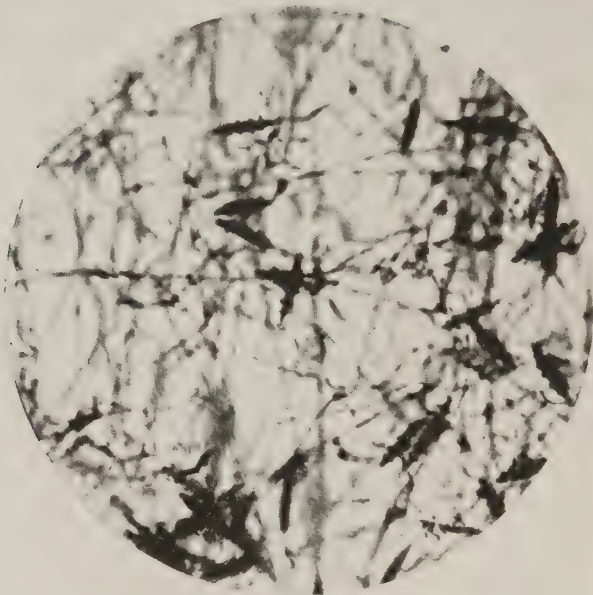
FIG. 2. — *Microsporon duboisii*. Colonie sur milieu glycosé à 2. p. 100, âgée de trois mois.



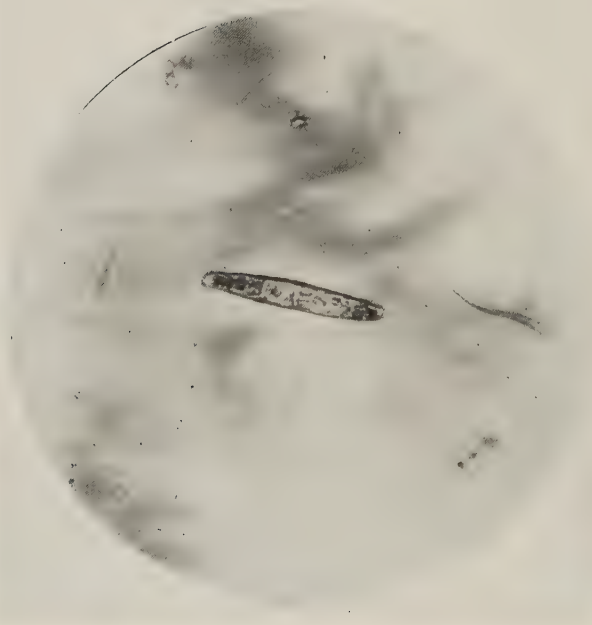
1



2



3



4

dans les squames de nombreux filaments mycéliens. La rétro-culture fut positive.

Les lésions font leur apparition au huitième jour et durent trois semaines environ. On trouve avec la plus grande facilité, dans les squames, d'assez nombreux filaments mycéliens segmentés, à segments assez courts. Une seule fois, nous avons trouvé une lésion filamenteuse débutante du poil, du type endo-ectothrix, des caractères de laquelle il est impossible de tirer aucune conclusion quant à la position systématique du parasite.

Discussion. — Devant des colonies aussi poudreuses, notre première idée fut que nous avions affaire à un *Clenomyces* du groupe *gypseus*. L'échec, au point de vue pileaire de l'inoculation à l'animal, et l'absence de lésions microscopiques constatées chez l'homme, compliquaient évidemment le diagnostic. L'abondance des aleuries, leur disposition, *pro parte*, en petites grappes, une ébauche de croix de Lorraine, la forme un peu boudinée de fuseaux à parois lisses, nous firent croire d'abord que les caractères microscopiques confirmaient l'impression macroscopique et que nous avions en main un *Clenomyces*. Ce fut d'ailleurs à cette opinion que s'arrêta un de nos correspondants. Cependant, l'extrême abondance des fuseaux, les granulations verruqueuses, semées sur leurs parois, le pédicule mince et grêle sur lequel ils s'insèrent, et surtout, nous semble-t-il, l'absence sur les milieux ordinaires de spires, d'hyphes en crosse, de bois de cerf, nous ont amené à conclure qu'il s'agissait d'un *Microsporon*. En quoi, nous retrouvons l'avis d'un autre correspondant.

Ses fuseaux boudinés, les appendices flagelliformes, que portent ces fuseaux, l'aspect très poudreux de ces colonies, voire l'origine même de ce dermatophyte, nous invitent à croire que nous avons en main un nouveau parasite que nous nous proposons d'appeler *Sabouraudites duboisi*.

EXPLICATION DE LA PLANCHE XI

FIG. 3. — *Microsporon duboisi*. Culture sur lame, âgée de dix jours. Coloration au Bleu coton Soudan au Lactophénol. Le fuseau, situé au centre de la préparation, montre à son extrémité gauche un appendice flagelliforme, dirigé de haut en bas et de droite à gauche.

FIG. 4. — *Microsporon duboisi*. Fuseau.
Préparation dans le Lugol double.

Nos remerciements vont au D^r Maurice Langeron, et au D^r Emile Rivalier, qui ont bien voulu s'intéresser à cette question, aussi bien dans des conversations attachantes que dans une longue correspondance.

BIBLIOGRAPHIE

- AINSWORTH. — *Trans. Roy. Soc. Trop. Med. Hyg.*, XLII, 1948, p. 223. Discussion,
DUNCAN (J. T.). — The epidemiology of fungous diseases. *Trans. Roy. Soc. Trop. Med. Hyg.*, XLII, 1948, p. 207.
- LEWIS (G. M.) et HOPPER (M. E.). — An introduction to medical mycology.
- SALAZAR LEITE & Coll. — Relatorio da Missão medica di Instituto de Medicina tropical a Angola en 1945. *Ann. do Inst. Med. Trop. Lisboa*, IV, 1947.
- Sporotrichosis infection on mines of the Witwatersrand*. A symposium published by The Transvaal Chamber of Mines, Johannesburg, 1947, Printed by Cape Times Ltd.
- TALICE (R. V.). — Sur une souche de *Trichophyton ferrugineum* (Ota, 1921) (*Microsporon ferrugineum*, Ota, 1921), isolée à Montevideo. *Ann. Parasit.*, IX, 1931, p. 77-85.
- VANBREUSEGHEM (R.). — Importance des affections dermatologiques chez les Européens au Congo Belge. *Ann. Soc. Belge Méd. Trop.*, XXVII, 1947, n° 2.
- Contribution à la connaissance des Dermatophytes du Congo Belge. *Ann. Soc. Belge Méd. Trop.*, XXVIII, 1948, fasc. 4.

Institut de Médecine tropicale Prince Léopold, Anvers.
(Directeur : Professeur A. Dubois).

DEUX NOUVELLES INFECTIONS A VIRUS DES INSECTES

Par Jaroslav WEISER

En hiver 1942, j'ai reçu quelques larves de *Camptochironomus tentans* Fabr., du lac Drecksee près de Plön (Holstein), qui étaient fortement infectées par des Microsporidies. En examinant ce matériel, j'ai pu constater qu'une partie des larves était infectée en plus par deux autres maladies, inconnues jusqu'à présent. Les larves infectées se distinguaient des individus sains par le fait que leur tissu adipeux, normalement coloré d'une teinte verdâtre ou bleuâtre, était de couleur blanc porcelaine ; la mobilité des larves diminuait, et dans des conditions défavorables, ici, pendant leur séjour dans l'aquarium, elles périssaient facilement. Tandis qu'au début de l'infection la couleur blanche se localise sur le tissu adipeux, elle se répand de plus en plus, de sorte qu'au stade final, peu avant la mort, les larves étaient entièrement blanches et parfois légèrement gonflées. A l'ouverture de la cavité générale du corps, il sortait un liquide blanc, troublé par la présence de très nombreux parasites. Ceux-ci se présentaient, dans un cas, sous forme de corpuscules ovalaires, dans lesquels nous avons pu identifier plus tard des inclusions de « virus » ; dans un autre cas, sous forme globulaire, rappelant les rickettsies.

1. INFECTION DES LARVES DE *Camptochironomus tentans*

PAR UN VIRUS

Les larves présentant dans leur lymphé des inclusions ovalaires avaient leur tissu adipeux rempli de ces inclusions. Sur les coupes fixées au sublimé-alcool, nous avons trouvé, dans les cellules du tissu adipeux, à côté des noyaux, encore 1-6 inclusions de forme ovale ou carrée. Ces inclusions remplissent les cellules adipeuses sans les déformer ou les gonfler (fig. 1). Les noyaux ne sont pas endommagés dans leur intégrité, mais simplement repoussés de côté. Dans beaucoup de cellules, le noyau se trouvait immédiatement sur l'inclusion. Les noyaux de cellules infectées se distinguent toujours de ceux des cellules normales par leur aspect plus compact et par la densité de leur réseau chromatique, tandis que les noyaux

normaux ont leur chromatine groupée le long des parois et au centre des noyaux. Le début de l'activité du virus dans le tissu adipeux est caractérisé par une multiplication plus active des cellules et des noyaux, de sorte que les cellules du tissu infecté montrent souvent 3-6 noyaux. Au fur et à mesure que l'infection progresse, nous voyons qu'une partie des cellules, contenant l'inclusion, se détache avec un noyau, tandis que le reste, souvent comprimé dans un très petit espace, présente l'aspect normal des cellules adipeuses. Certaines cellules du tissu adipeux résistent très longtemps à l'infection, même si le tissu environnant est complètement rempli de parasites.

Dans les stades plus avancés de l'infection, les parois des cellules se déchirent parfois et nous trouvons alors les inclusions libres dans l'hémolymphe des larves, concentrées souvent aux extrémités du corps. Les inclusions les plus petites étaient de forme plus ou moins circulaire ou carrée, avec les coins arrondis, mesurant environ $2 \times 2 \mu$ (fig. 2). Des inclusions plus petites sont difficiles à déterminer, mais on trouve un grand nombre de corpuscules globulaires mesurant 0,2-0,5 μ dans le tissu adipeux infecté. Après la fixation, ces granules se distinguent de ceux de l'hémolymphe, parce qu'ils ne sont pas colorables par les colorants microscopiques courants. Ils sont, en outre, plus réfringents et se colorent par des méthodes électives, comme les agrégats de virus. Au cours de la maladie, les inclusions s'agrandissent et atteignent une longueur de 10-16 μ , sur une largeur de 8-10 μ . En même temps, la majorité prend une forme ovale ; un petit nombre seulement sont des corpuscules octaédriques ou polyédriques, à bords arrondis. Les inclusions se distinguent du cytoplasme et des noyaux par leur grande réfringence. En même temps, nous pouvons, sans coloration préalable, à l'examen direct, reconnaître sous la couche amorphe superficielle un certain nombre de petits corpuscules, et ceci aussi bien dans les grandes que dans les plus petites inclusions. Cette forte réfringence ne disparaît pas si le matériel est inclus dans du baume de Canada et ces corpuscules ne se colorent pas par des colorants habituels comme les corpuscules entiers. Au fond noir, les inclusions s'illuminent fortement (fig. 3), et c'est ainsi que nous pouvons les distinguer facilement à l'état isolé ou cachées par le tissu environnant. La couche superficielle amorphe des inclusions est grisâtre, les corpuscules globuleux à l'intérieur s'illuminent nettement. Ces corpuscules correspondent à ceux que nous pouvons distinguer à l'éclairage normal et mesurent de 0,2-0,3 μ .

La mauvaise colorabilité des inclusions et l'absence d'autres agents infectieux nous ont amené à la conclusion que ces inclusions dans les cellules adipeuses des larves de *Camptochironomus tentans*

ressemblent aux sphérocristaux de protéines, caractéristiques des polyèdres de *Lymantria monacha* et du ver à soie. Il n'y a pas seulement ici l'analogie des caractères mentionnés ci-dessus, mais aussi celle de la réaction des inclusions, si on applique des méthodes spéciales, utilisées pour l'identification des polyèdres de *Lymantria* et du ver à soie. Nos inclusions ne se colorent même pas au Soudan III comme les matières grasses, ni ne se dissolvent dans les solvants organiques, tels que le chloroforme, l'acétone, le xylène, l'alcool méthylique ou éthylique, le tétrachloréthylène ou le dioxane. Elles se corrodent par les acides faibles et deviennent ainsi colorables, pour se dissoudre après quelque temps. Dans les alcalis dilués, tels que la potasse, la soude ou l'ammoniaque, les inclusions se dissolvent après 30 minutes à 2 heures ; dans une solution de bicarbonate de soude, elles se gonflent. Cette solubilité ne change pas par la fixation à l'alcool-sublimé et même par l'inclusion à la paraffine. Ces propriétés correspondent à celles des polyèdres du ver à soie, dont Bergold a déterminé la solubilité des albumines à pH 0,5-3 et 9-13. D'après la méthode de coloration sélective de Breindl et Komárek (1923) ou de Breindl (1935), en employant du Giemsa additionné de carbonate de soude et complété par de l'éosine ou du Van Gieson, de même que d'après la méthode de Heidenreich (1940), qui avait employé la fuchsine phéniquée et le vert d'iode, nous avons pu colorer à l'intérieur des inclusions de petits corpuscules de 0,1-0,2 μ . Ces corpuscules se coloraient par la majorité des colorants, si les polyèdres étaient d'abord corrodés par une solution de carbonate de sodium. Certains auteurs considèrent ces corpuscules comme étant des corpuscules de virus individuels, d'autres y voient des agglomérats de virus. Suivant le temps d'action de la solution de carbonate de sodium, il se colorait plus ou moins de grains, tandis que lors de la dissolution progressive, les corpuscules se dissolvaient et disparaissaient. Au fond noir, nous avons vu que les granules colorables se trouvent à l'intérieur des corpuscules réfringents. Le nombre des corpuscules diminuait aussi avec le temps de corrosion pendant l'observation au fond noir.

Chez la grande majorité des larves que nous avons pu observer et qui étaient fixées, nous trouvons que les différents lobes du tissu adipeux sont uniformément infectés. On trouve, à côté des parties infectées, des parties du corps adipeux tout à fait sans infection, et c'est seulement dans les larves au dernier stade de l'infection que nous trouvons aussi des inclusions dans le ganglion cérébral et dans l'hémolymph. En général, la maladie progresse lentement, attaquant les tissus constituant des réserves pour l'époque des métamorphoses. La mort intervient justement au moment des métamor-

phoses, lorsque les larves ont besoin des matières grasses de réserve ; celles-ci étant épuisées par les parasites, les larves ne peuvent pas se métamorphoser. Le virus se comporte de façon semblable à celui de la polyédrie des *Lymantria* et du ver à soie. Toutes les réactions des inclusions des deux virus sont identiques. Ils ne se distinguent que par l'aspect différent des inclusions et, surtout, la localisation à l'intérieur des cellules. Tandis que la polyédrie constitue une maladie des noyaux, les noyaux des cellules infectées par notre infection ne se trouvent pas, en principe, altérés par cette maladie.

Si nous classons les maladies à virus, et spécialement celles des insectes, d'après leurs effets, nous pouvons distinguer, suivant une communication personnelle de E. A. Steinhaus :

1. Les *Cristalloses*, virus caractérisés par des inclusions intracellulaires, dont les substrats et éléments plastiques sont des albumines éliminées.

2. Les *Granuloses* (Steinhaus, 1948), dont les fractions visibles du virus sont des granules plus ou moins grands.

3. Les *Agranuloses*, maladies dont les agents traversent les filtres usuels et dans lesquelles les tissus attaqués ne nous permettent pas de distinguer des granules ou inclusions.

Au premier groupe, appartiennent, dans le cas des maladies des insectes, surtout la polyédrie de la nonne, la grasserie du ver à soie et la maladie polyédrique de *Portheria dispar*. A côté de ces maladies des noyaux, se range notre nouvelle cristallose, comme une maladie attaquant le cytoplasme des cellules. Chez les vertébrés, nous trouvons des analogies dans la maladie des poissons, causée par *Lymphocystis johnsoni*, où nous voyons, dans le cytoplasme des cellules infectées, des concrétions irrégulières, caractéristiques du virus.

Dans le deuxième groupe, nous pouvons ranger des maladies comme la « pseudograsserie 1 » de Paillot, la granulose d'*Archips fumifera* décrite par Graham ou la granulose de *Peridroma margaritosa* découverte par Steinhaus. Finalement, dans le troisième groupe, nous voyons les maladies moins connues, comme le « sac-brood » d'*Apis mellifica*.

2. LA RICKETTSIOSE DES LARVES DE *Camptochironomus tentans*

Les larves infectées se distinguent elles aussi par un tissu adipeux blanc laiteux. Dans les coupes, nous trouvons ce tissu rempli de

petits corpuscules globulaires de $0,2-0,3\ \mu$ de taille. Les granules se colorent assez mal par les colorants habituels, mais l'hématoxyline de Heidenreich nous donne des images assez distinctes. Dans les infections récentes, une grande partie du tissu adipeux est encore intacte. Dans les infections plus avancées, les parasites remplissent le tissu adipeux tout entier et pénètrent même dans l'hémolymphe. Dans les premiers stades, nous trouvons, dans des cellules normales, de petits groupes de 5-10 corpuscules parasitaires. Ces groupes se multiplient visiblement par division dans un plan, car un stade ultérieur montre des amas dans lesquels les granules forment des sphères creuses. Au début, nous ne trouvons qu'une à deux sphères dans chaque cellule, mais leur nombre augmente. Les sphères ne sont pas fermées et s'aplatissent, ressemblant à des raisins écrasés. Entre ces corpuscules globulaires, nous trouvons quelques stades différents. Il se forme des éléments de rickettsies qui se gonflent et grossissent du quart de leurs dimensions primitives. Au centre, se forme une vacuole incolore et, au microscope, nous les voyons comme des anneaux. Ces stades ressemblent de très près aux stades analogues des autres rickettsies. Les petits corpuscules compacts remplissent l'intérieur des cellules, sans endommager le noyau ; celui-ci se déplace vers la paroi de la cellule. L'intérieur des cellules est rempli par une masse de globules, composée d'un grand nombre de grains (fig. 4). La dimension de l'amas dépend de celle de la cellule infectée. Entre la paroi de la cellule, souvent restée intacte jusqu'à ce stade, et l'amas de parasites, se trouve un espace. Enfin, quand il se forme dans la cellule un seul amas de granulations, les parois cellulaires sont percées par les parasites qui se déversent dans le tissu environnant. Le noyau de la cellule est projeté vers la paroi du tissu adipeux et les parasites se mélangent à la masse amorphe des granules environnants (fig. 5). Certains amas résistent très longtemps et nous pouvons les distinguer dans la masse amorphe des parasites, comme des tubercules dans des endroits tranquilles de la cavité du corps. Si le tissu adipeux tout entier est rempli de parasites, il éclate, pénètre dans la lymphe et la larve périt. La maladie dure de 7 jusqu'à 10 jours et l'infection pénètre *per os* si nous laissons des larves saines en contact avec des larves mortes ou leur broyat.

L'auteur a reçu ce matériel grâce au Prof. Thienemann, pendant la guerre ; à ce moment, il était impossible d'entreprendre des essais de culture. Il est donc difficile d'affirmer s'il s'agit d'une granulose ou d'une infection par des rickettsies. La deuxième possibilité est plus vraisemblable à cause des stades vacuolisés et de la position du parasite dans la cellule infectée. Ce parasite se distingue

de la granulose des insectes surtout par le fait qu'il ne pénètre pas dans le noyau cellulaire, tandis que dans la « pseudograsserie 1 » de Paillot et la granulose de *Peridroma margaritosa*, décrite par Steinhaus, la première étape du développement s'opère à l'intérieur du noyau, dont la chromatine est le siège principal de l'infection et qui s'hypertrophie considérablement. Une identification précise sera possible si l'on trouvait de nouveau du matériel infecté.

BIBLIOGRAPHIE

- BREINDL (V.) et KOMÁREK (J.). — Zur Ätiologie der Wipfelkrankheit der Nonne *Lymantria monacha*. *Sitzb. d. K. Böhm. Ges. d. Wiss.*, 1923.
- BREINDL (V.) et JIROVEC (O.). — Polyeder und Polyedervirus im Lichte der Feulgenschen Nuklealreaktion. *Mém. Soc. zool. tchécoslov.*, III, 1935.
- BREINDL (V.). — Ergänzende Studie über die Polyedrie der Nonne und des Schwammspinners. *Mém. Soc. zool. tchécosl.*, V, 1937, 94-115.
- BERGOLD (G.). — Ueber Polyederkrankheiten bei Insekten. *Biol. Zentralblatt*, LXIII, 1943, 1-47. (Abondante bibliographie).
- HEIDENREICH (E.). — Die Polyederkrankheit der Nonne. *Arch. f. ges. Virusforsch.*, I, 1940, 582.
- PAILLOT (A.). — Contribution à l'étude des maladies à ultravirus des insectes. *Ann. Epiphyt. Phytogénét.*, II, 1936, 341-379.
- STEINHAUS (E. A.). — *Insect Microbiology*. Comstock publ., Ithaca, U.S.A., 1946.
- A new disease of the variegated cutworm, *Peridroma margaritosa* (Haw). *Science*, CVI, 1947, 323.
- WEISER (J.). — Zwei interessante Erkrankungen bei Insekten. *Experientia*, IV, 1948, 317.

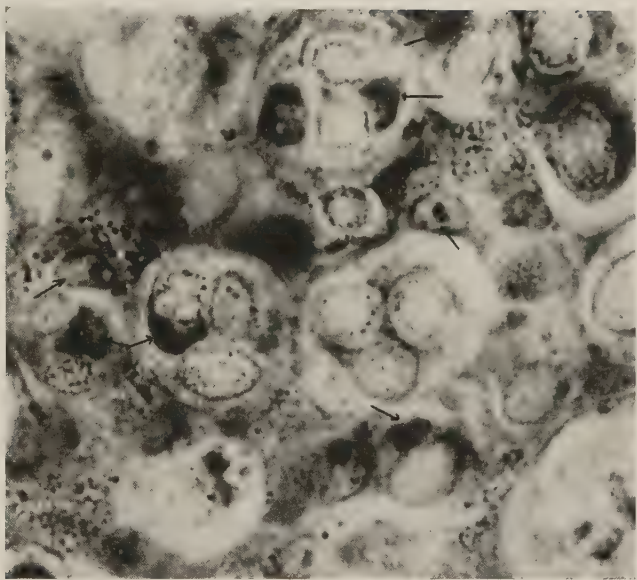
Laboratoire de parasitologie, de l'Université Charles-IV, Prague.
(Directeur : Prof. Dr O. Jirovec).

EXPLICATION DE LA PLANCHE XII

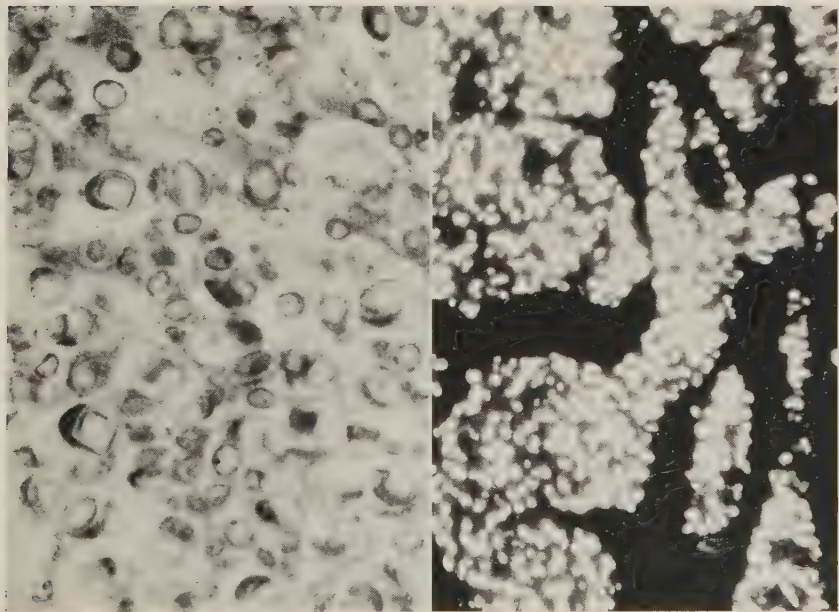
FIG. 1. — Inclusions dans les cellules du tissu adipeux.
Les traits montrent les noyaux. Trichromique d'Ehrlich, $\times 1.400$.

FIG. 2. — Tissu adipeux de *Camptochironomus* infesté par le virus.
Coloré d'après Mallory, $\times 900$.

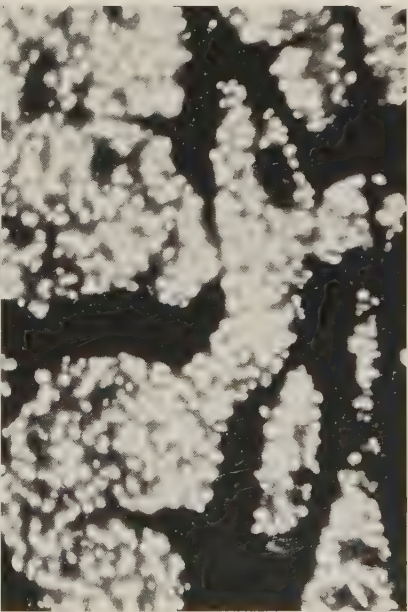
FIG. 3. — Tissu infecté photographié au fond noir, les inclusions s'illuminent dans le tissu obscur. Préparation dans le baume de Canada ! $\times 450$.



1



2



3

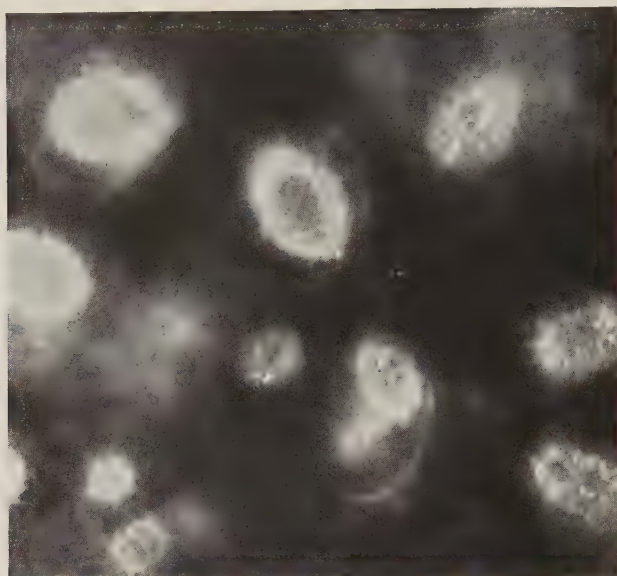


FIG. 4. — Dans les inclusions au fond noir, nous voyons s'éclairer les corps élémentaires ou agglomérats de virus, $\times 1.000$.

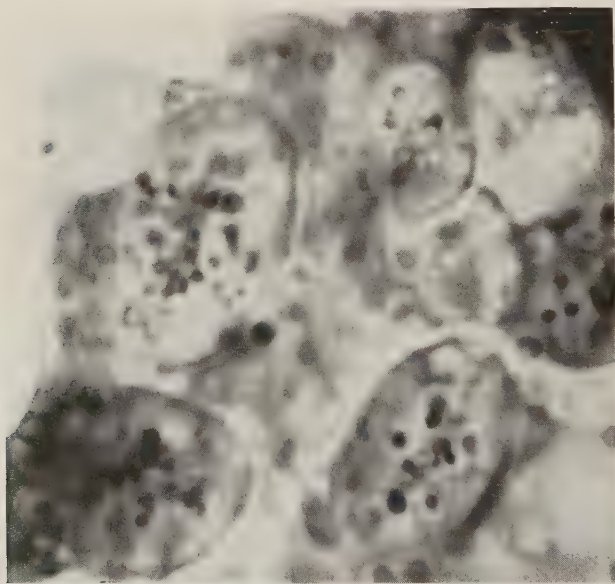


FIG. 5. — Agglomérats du virus dans les inclusions, rendues visibles par la coloration de Breindl, $\times 4.500$.

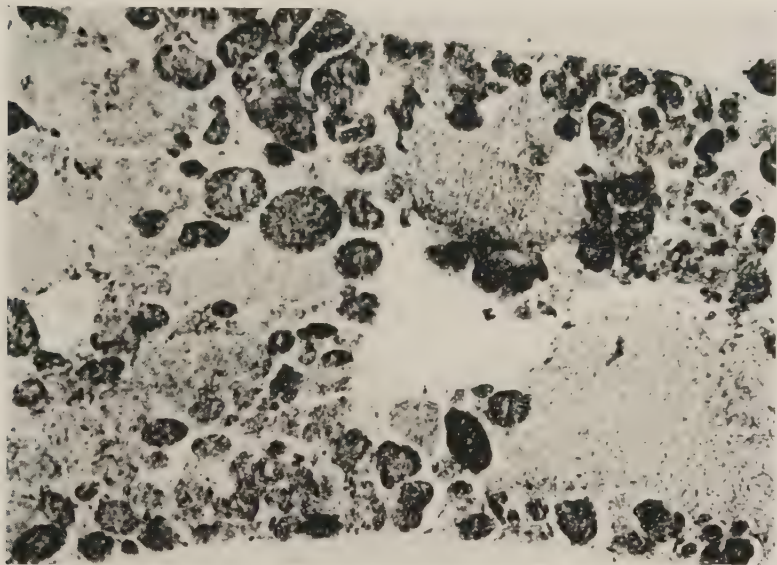


FIG. 6. — Rickettsies dans le tissu adipeux du *Chironomus* ; grands amas des parasites dans les cellules, $\times 1.200$, Hématoxyline-éosine.

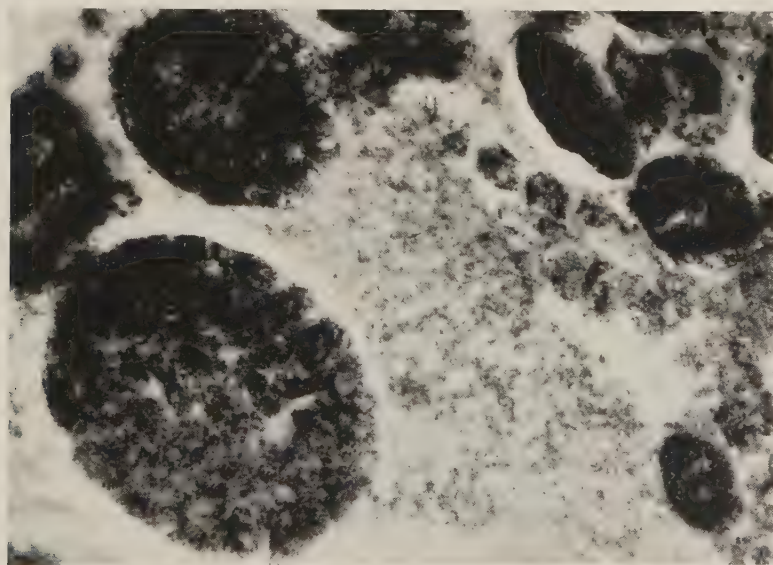


FIG. 7. — Portion du corps gras avec amas de parasites dans les débris des cellules et masse uniforme de parasites dans le reste du corps, où les membranes cellulaires ont déjà disparu, $\times 2.500$, Heidenhain.

REVUE CRITIQUE

RÔLE PHYSIOLOGIQUE DE LA LIPOGÉNÈSE CHEZ LES CHAMPIGNONS

Par Ph.-J. LUTERAAN et M. LANGERON

SOMMAIRE

Introduction.

I. — *Quelques définitions préliminaires.*

II. — *Pouvoir lipoformateur et capacité de production d'alcool dans leurs rapports avec les caractères biologiques de genre et d'espèce.*

1. Organismes fermentatifs vrais.
2. Autres champignons producteurs d'alcool.
3. Les champignons à graisses.

III. — *Action de l'oxygène.*

1. Sur l'assimilation.
2. Sur la lipogénèse.
3. Sur la production de pigments caroténoïdes.
4. Sur la production de pigments et d'antibiotiques.
5. Sur la production d'alcool éthylique.

IV. — *Action des glycides.*

1. Glycides et production de lipides.
2. Glycides et production d'alcool éthylique.
3. Action sur des métabolismes particuliers.

V. — *Action des alcools.*

1. Les monols.
2. Les polyols.

VI. — *Action des aldéhydes.*

1. Action sur la croissance et sur l'assimilation.
2. Aldéhydes et lipogénèse.
3. Aldéhydes et production d'alcool.

VII. — *Action des acides organiques.*

1. Diacides en C^4 .
2. Acide pyruvique.
3. Acide lactique.
4. Acide acétique.
5. Autres acides organiques.
6. Acides organiques, lipogénèse et production d'alcool.

VIII. — *Action des substances azotées.*

1. Influence de la nature de la substance azotée sur la production d'alcool et sur la lipogénèse.
2. Action du déséquilibre azoté.
3. Protéogénèse maxima et protéogénèse minima.
4. Lipogénèse maxima et lipogénèse minima.
5. Problème de la formation des graisses à partir des protéïdes.
6. Action de substances azotées sur la production de carotènes.
7. Valeur d'assimilation et valeur catalytique de l'élément azoté.

IX. — *Action de substances complexes ou en mélange.*

1. Leur absorption.
2. Leur assimilation et leur fermentation.
3. Leur action sur la croissance.
4. Leur action sur la consommation d'oxygène, sur la production aérobie, sur la production anaérobie de gaz carbonique.
5. Leur action sur la lipogénèse.

X. — *Influence de la concentration du milieu.*

1. Concentrations minima.
2. Concentrations maxima et action de la pression osmotique.
3. Action de la déshydratation.

XI. — *Influence de la réaction du milieu.*

1. Généralités.
2. Action sur l'assimilation.
3. Action sur la fermentation.
4. Action sur la consommation d'oxygène et le dégagement de gaz carbonique.
5. Action sur la lipogénèse.
6. Action sur d'autres métabolismes.

XII. — *Action des éléments minéraux.*

1. Sur la fermentation alcoolique.
2. Sur l'assimilation.
3. Sur la lipogénèse.
4. Sur la croissance.
5. Sur diverses activités métaboliques.

XIII. — *Action des facteurs de croissance.*

XIV. — *Relations de la lipogénèse avec diverses fonctions physiologiques.*

1. Rapports avec la protéogénèse et la multiplication cellulaire.
2. — avec l'absorption.
3. — avec l'assimilation.
4. — avec la respiration.
5. — avec l'excrétion.
6. — avec la production d'autres corps gras.
7. — avec la production de pigments et d'antibiotiques.
8. — avec la production d'alcool.

XV. — *Lipogénèse et différenciation morphologique.*

1. Rapports avec l'immersion dans les milieux de culture solides.
2. — avec la filamentisation chez les levures.
3. — avec la production de zonations.
4. Autres phénomènes de convergence morphologique.

XVI. — *Théories relatives au rôle physiologique de la lipogénèse.*

1. La lipogénèse est-elle un signe de dégénérescence protoplasmique ?
2. Les lipides doivent-ils être considérés comme substances de réserve ?
3. La lipogénèse intervient-elle dans la perméabilité cellulaire ?
4. La synthèse des corps gras intervient-elle dans la protéogénèse ?

XVII. — *Conception actuelle du rôle physiologique de la lipogénèse.*

1. Le potentiel d'oxydo-réduction cellulaire des champignons.
2. La notion de convergence physiologique.
3. La lipogénèse comme manifestation d'une fonction antioxygène physiologique.
4. Les processus de déshydrogénation en aérobiose.
5. Le rôle catalytique de l'oxygène.

XVIII. — *Résumé et conclusions.*

INTRODUCTION

La *lipogénèse* est la synthèse biochimique des acides gras et des graisses neutres. Ses rapports sont souvent étroits avec la synthèse d'autres corps gras : lipides complexes, stérols, éléments d'insaponifiable X ; aussi, une distinction si précise de la lipogénèse peut-elle apparaître quelque peu artificielle. Notons immédiatement que quatre propriétés des lipides intéressent plus particulièrement le biologiste : ils sont *très réduits*, *autoxydables*, *tensio-actifs* et ils constituent des *solvants particuliers* ; certaines de ces propriétés se retrouvent chez d'autres corps gras, notamment chez les *carotènes*, élément constituant de l'*insaponifiable X*.

La lipogénèse est constante en aérobiose chez les champignons qui sont, sans exception, des organismes aérobies ; elle fait défaut, de même que la production de carotènes, en anaérobiose.

Il sera démontré, au cours du présent exposé, que toutes les circonstances tendant à élever le potentiel d'oxydo-réduction cellulaire, normalement bas chez les champignons, favorisent la synthèse des lipides et leur excrétion finale, tandis que les circonstances inverses favorisent la synthèse et l'excrétion d'alcool éthylique.

Nous préciserons également les rapports de la lipogénèse avec diverses grandes fonctions physiologiques : protéogénèse, respiration, absorption, assimilation, excrétion. Ceci permettra d'établir qu'elle est la manifestation constante, mais non exclusive, d'une fonction physiologique jusques ici non reconnue : *la fonction anti-oxygène physiologique*.

I. — QUELQUES DÉFINITIONS PRÉLIMINAIRES

On confond souvent, sous une dénomination commune, des phénomènes physiologiques très différents.

1. — L'obtention définitive d'un corps plus réduit, à partir d'un corps originel, est un processus de *synthèse* ; par exemple, il y a synthèse de l'alcool éthylique à partir de l'acétaldéhyde au cours de la fermentation alcoolique ; mais il existe évidemment d'autres processus de synthèse biologiques que les réductions, il peut y avoir par exemple des processus de condensation (synthèse de l'acétylméthylcarbinol, des pénicillines, de l'aneurine, etc...).

2. — Il faut conserver, au terme de *fermentation*, le sens que lui donnait Pasteur, qui la considérait avant tout comme un phénomène catabolique toujours anaérobie ; elle porte généralement sur les glycides, se traduit habituellement par un dégagement de gaz carbonique ; mais on ne doit pas perdre de vue que, en dehors des fermentations dites synthétisantes, il y a des processus de synthèse plus ou moins limités, au cours des fermentations banales.

3. — La production d'alcool éthylique, faisant toujours suite au catabolisme des glycides, se présente en réalité sous des aspects très distincts :

La *fermentation alcoolique* est produite par des levures dites *zymatiques*, exceptionnellement par d'autres champignons également zymatiques, mais qui présentent en anaérobiose une *réduction morphologique* à l'état d'éléments cellulaires dissociés, arrondis,

faiblement bourgeonnants. La multiplication cellulaire est nulle en anaérobiose absolue ; en pratique, elle est restreinte, car l'anaérobiose n'est jamais absolue, parce qu'il est difficile de s'opposer à la diffusion de l'oxygène dans le sein de milieux de cultures liquides (Istin, 1947) ; cette multiplication cellulaire restreinte contraste avec le taux de consommation des glycides, qui atteint près de 100 p. 100, quelle que soit la concentration en ces substances. On reconnaît facilement un pouvoir zymatique en pratiquant un *ensemencement minime* dans un tube de fermentation type Langeron et Guerra ; aucun champignon azymatique ne produit d'alcool dans ces conditions. Beaucoup de facteurs agissent sur l'intensité d'une fermentation, mais aucun sur le pouvoir zymatique, à l'égard de tel ou tel sucre qui reste fixe et constant pour une espèce déterminée ; cette fixité et cette constance permettent d'affirmer qu'on est en présence d'un caractère *génotypique*. Comme caractères biochimiques essentiels de la fermentation produite par les levures vivantes, on peut citer la non dégradation des pentoses, la synthèse de l'alcool évidente à partir de l'acétaldéhyde.

La *respiration intra-moléculaire* est surtout le fait de champignons filamenteux *azymatiques* appartenant aux groupes les plus divers et se développant normalement en aérobie ; les caractères physiologiques et morphologiques observés sont absolument normaux ; la respiration intra-moléculaire constitue plutôt une marque de différenciation physiologique chez des champignons plus évolués que les levures. La production d'alcool par respiration intra-moléculaire s'observe banalement chez des moisissures se développant à la surface de confitures ou de fruits (notamment épicarpe de certaines Rutacées) ; dans ce dernier cas, le ramollissement s'étend bien au delà de la zone d'extension des hyphes. La respiration intra-moléculaire augmente fortement avec la concentration en glycides. *Elle est toujours associée à la lipogénèse constante en aérobie*. Enfin, nous avons noté que la respiration intra-moléculaire était fréquemment précédée de la production de pigments diffusibles, liée au brusque passage d'un mycélium aérien en anaérobiose. Comme autres caractères, on peut citer l'utilisation possible des pentoses, la non nécessité de la phosphorylation (Nord et coll.). La consommation des glycides est limitée et tous les sucres assimilables peuvent être utilisés au cours de la respiration intra-moléculaire, ce qui constitue le moyen le plus facile de déterminer si un sucre donné est assimilable ou non par un champignon filamenteux.

La *résistance à l'asphyxie* est un phénomène passif s'observant chez des champignons azymatiques en anaérobiose. Molliard ense-

mence *Sterigmatocystis nigra* dans un matras contenant un milieu liquide nutritif ; il ferme ensuite à la lampe ce matras, qui reste en communication avec un manomètre à air libre ; lorsque tout l'oxygène est consommé, le développement cesse, mais il continue à se dégager du gaz carbonique ; en somme, il y a eu adaptation provoquée d'un organisme azymatique à l'anaérobiose ; à la respiration intra-moléculaire, succède la résistance à l'asphyxie.

La résistance à l'asphyxie se distingue d'une quatrième forme de production d'alcool éthylique, appelée *fermentation propre* et au cours de laquelle un fragment d'organe végétal ou animal riche en glycides, placé en anaérobiose, est capable de produire de l'alcool aux dépens de ses glycides cellulaires. Ce dernier processus n'existe pas chez les champignons ; Stier et Stannard, puis Spiegelmann et Mozawa ont démontré que la levure était incapable d'utiliser ses propres glycides en anaérobiose.

4. — Lorsque la méthode manométrique de Warburg est utilisée, on emploie, par convention, les termes suivants :

respiration, symbole Q_{O_2} : c'est le nombre de mm^3 d'oxygène absorbés en une heure par une quantité de microorganismes ou de tissu dont le poids sec est de 1 mgr. ;

fermentation anaérobie, symbole $Q_{CO_2}^N$: c'est le nombre de mm^3 de gaz carbonique dégagés en une heure, en atmosphère d'azote, par une quantité de microorganismes ou de tissu dont le poids sec est de 1 mgr. ;

fermentation aérobie, terme auquel nous préférons celui de *production aérobie de gaz carbonique* (car il ne préjuge pas de son mécanisme), symbole $Q_{CO_2}^{O_2}$: c'est le nombre de mm^3 de gaz carbonique dégagés en une heure, en atmosphère d'oxygène, par une quantité de microorganismes ou de tissu dont le poids sec est de 1 mgr.

On conçoit l'importance de l'étude de la fermentation, de l'assimilation, de la respiration, des variations du quotient respiratoire pour aborder celle des synthèses et des *désassimilations*.

5. — Le terme d'*assimilation*, lorsqu'il s'agit de champignons, signifie exclusivement assimilation en aérobie.

L'assimilation d'une substance peut être reconnue par plusieurs méthodes : dosages chimiques, mesure de la consommation d'oxygène, mesure de la croissance ; on peut utiliser pour les levures la méthode auxanographique de Beijerinck.

L'assimilation de nombreuses substances est certainement liée à

leur déshydrogénation préalable ; ainsi, en est-il pour l'acide lactique, l'alcool. Nous avons pu mettre en évidence une forme particulière d'assimilation que nous avons appelée *assimilation anaérobie* ; elle s'opère aux dépens de sucres non reconnus assimilables par la méthode de Beijerinck, au niveau d'éléments fungiques immergés dans le sein de milieux de culture solides, et elle aboutit notamment à la production de lipides ; cette forme d'assimilation n'existe que chez des champignons à pouvoir réducteur puissant.

6. — *L'excrétion* est une fonction physiologique particulièrement importante ; elle se présente sous deux formes distinctes :

— excrétion franche avec rejet dans le milieu extérieur ;

— accumulation dans le sein de la cellule ou au niveau des membranes.

A. — Citons comme exemples d'excrétion franche :

— l'excrétion d'alcools : alcool éthylique, glycérol, mannitol, etc... (voir tableau XIII) ;

— l'excrétion de cétones (voir p. 353) ;

— l'excrétion d'acides organiques : acide acétique, acide succinique, acide fumarique, acide malique, acide citrique ; l'ordre exposé est déjà évocateur d'un mécanisme biochimique de formation des acides précités (voir p. 310 et fig. 3) ; excrétion d'acide lactique et, dans des conditions plus particulières, d'acide gluconique, d'acide oxalique.

On doit envisager comme exceptionnelles, et obtenues seulement dans des conditions expérimentales, les excrétions d'acétaldéhyde, d'aldol et d'acide pyruvique.

Doivent être également envisagés comme processus d'excrétion : l'élimination de l'ion ammonium (voir p. 331), celle de l'anhydride carbonique, celle de l'acide sulfhydrique.

Deux formes d'excrétion franche doivent particulièrement retenir l'attention :

a. La formation de *pigment diffusible* a lieu précisément au point où le mycélium pénètre la gélose ou à partir de la surface d'un milieu liquide, lorsque ce champignon a recouvert intégralement cette surface au cours de son développement. Tout se passe donc comme si la formation de ces pigments était liée à la modification brusque du type respiratoire, imposée au mycélium par passage de l'air en milieu relativement anaérobie.

Il existe deux catégories de pigments diffusibles : ceux dont la formation est liée à l'action d'une tyrosinase, éventualité très fré-

quente chez les champignons filamenteux, ceux dont la production cesse ou diminue dans toutes les circonstances qui tendent à élever le potentiel d'oxydo-réduction cellulaire au delà de sa valeur normale, par exemple pigment diffusible d'*Eremothecium ashbyi*. Chez les champignons, ces deux sortes de pigments peuvent exister et il suffit de modifier les conditions de milieu et de culture pour voir apparaître l'une et disparaître l'autre.

Ainsi, les pigments diffusibles liés à l'action d'une tyrosinase n'apparaissent pas lorsque le champignon se développe dans le sein d'un milieu liquide et non à sa surface. Les autres, tels les flavines (par exemple chez les Rhodotorulacées), peuvent être formés et excrétés dans ces conditions ; leur production est plus nettement liée à des circonstances tendant à abaisser la valeur du potentiel d'oxydo-réduction cellulaire.

Souvent, les pigments diffusibles présentent une fluorescence particulière à la lumière de Wood ; les variations dans la teinte de cette fluorescence constituent un élément complémentaire de diagnose pour certains champignons filamenteux.

b. L'excrétion de certains polypeptides, notamment de la pénicilline, polypeptide acylé, est le seul exemple d'excrétion de corps conjugué que nous connaissions chez les champignons. Ce corps est *autoxydable*.

B. — Dans d'autres cas, l'excrétion *s'opère dans les limites de l'espace cellulaire* ; c'est notamment le cas de lipides et de certains pigments fuligineux ; ce rapprochement inattendu se trouvera justifié au cours du présent exposé.

Les lipides se présentent sous trois formes au cours de la vie cellulaire. Chez la cellule très jeune, on ne trouve ni globules graisseux, ni enclaves ; cependant, la formation de lipides est certaine, mais ils paraissent à ce premier stade exclusivement liés à la structure cellulaire.

Puis, ce sont des globules lipidiques, multiples, réfringents, brassés dans un cytoplasme en pleine activité.

Enfin, ces globules graisseux tendent à confluer en enclaves lipidiques multiples ou uniques. Ces enclaves lipidiques les plus importantes dans les cellules âgées ou mortes ne peuvent être considérées comme substances de réserve à l'égard de la cellule productrice.

On observe facilement ces trois stades en examinant l'extrémité d'un mycélium à croissance toujours centrifuge ; les enclaves lipidiques apparaissent nettement en amont de la partie cytoplasmique active. L'accumulation de corps gras peut revêtir une autre forme lorsque le champignon prend une forme kystique (Langeron, 1945) ;

on peut trouver des globules graisseux ou des enclaves dans des chlamydospores réelles ou fonctionnelles (chlamydospores intercalaires de *Mucédinées*, chlamydospores de *Torulopsis pulcherrima* ou de *Candida albicans*, téleutospores, etc...). Il a été démontré que les pigments caroténoïdes des Rhodotorulacées, dont le support sont les graisses péricapsulaires (Champeau et Lutéraan), ne sont jamais excrétés, ce qui oppose bien cette variété de corps gras aux lipides en général.

Nous avons observé chez certaines Dématiées, notamment chez *Pullularia pullulans* en culture sur lame, que les pigments s'accumulaient principalement au niveau de membranes de cellules âgées ou mortes.

C. — Enfin, la respiration cellulaire elle-même peut être considérée comme un processus d'excrétion de l'hydrogène (Wurmser) ; l'accumulation de cette substance amènerait théoriquement un abaissement progressif du potentiel d'oxydo-réduction cellulaire, si l'oxygène ne pouvait plus jouer son rôle d'accepteur final par l'intermédiaire de catalyseurs appropriés et si elle n'était pas compensée par des processus de réduction plus ou moins importants. Le schéma ci-dessous de Wurmser, fondé sur les conceptions de H. Wieland, sur l'individualisation d'un système desmolytique et sur ses recherches personnelles, figure ce qui a été précédemment énoncé.

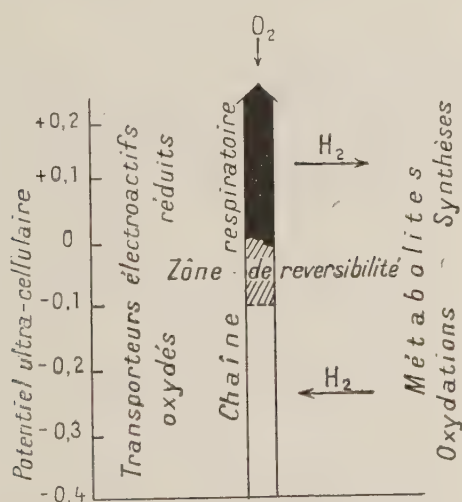


FIG. 1. — D'après WURMSER, 1939.

II. — POUVOIR LIPOFORMATEUR ET CAPACITÉ DE PRODUCTION D'ALCOOL DANS LEURS RAPPORTS AVEC LES CARACTÈRES BIOLOGIQUES DE GENRE OU D'ESPÈCE

1. — Les organismes fermentatifs vrais

Ce sont avant tout les Saccharomycétacées, mais des espèces appartenant à différents genres sont absolument azymatiques sans qu'aucun élément apparent, présence de pigments visibles par exemple, ne puisse expliquer cette éventualité.

Le champignon appelé banalement « la levure » est l'une des races : levure de boulangerie, levure de bière, levure de vin, de *Saccharomyces cerevisia*, races qui présentent à leur tour de nombreuses variétés biologiques.

On distingue notamment de façon très schématique :

les *levures hautes*, donnant parfois un voile, levures respiratoires, parce que le spectre des cytochromes y serait complet, dépourvues de mélibiose ;

les *levures basses*, ne donnant jamais de voile, levures de fermentation, où le spectre des cytochromes ne serait que partiel, faisant fermenter complètement le raffinose.

On distingue encore des *levures froides*, susceptibles de produire des fermentations à température relativement basse : par exemple, *Saccharomyces carlsbergensis*, qui est en même temps une levure basse.

Certaines Mucoracées, par exemple *Mucor racemosus*, sont susceptibles de vivre en anaérobiose, en prenant un aspect levuriforme à éléments dissociés et en produisant une fermentation alcoolique vraie, éventualité assez exceptionnelle chez les champignons de ce groupe ; et il apparaît nettement, dans certaines fermentations naturelles, que ce sont les levures associées qui produisent la fermentation alcoolique, préparée par l'hydrolyse des glycides complexes, due à des Mucorales ; enfin, la plupart des Mucorales susceptibles de produire de l'alcool le font par un processus autre que la fermentation alcoolique véritable et qui est voisin de celui observé chez les Aspergillacées et les *Fusarium*.

2. — Autres champignons producteurs d'alcool

Ce sont essentiellement des Aspergillacées et des *Fusarium*.

Les Aspergillacées sont des champignons généralement pigmen-

tés, à nutrition variable, toujours azymatiques, osmophiles et à grand pouvoir d'accommodation osmotique, à grande tolérance vis-à-vis de la réaction du milieu, tant du côté acide que du côté basique, les milieux acides ou neutres convenant mieux à leur développement. Ils produisent fréquemment des pigments diffusibles et des substances antibiotiques. Se développant très facilement sur des milieux purement synthétiques, ils sont par contre très sensibles à la déficience en un oligo-élément, ce qui en fait un objet de choix pour ce genre d'études. Tels sont les caractères biologiques essentiels des Aspergillacées, dont les spores, transportées par l'air, se développent facilement sur les supports les plus divers. L'espèce la plus étudiée est *Sterigmatocystis nigra* (Raulin 1870, Gabriel Bertrand, Terroine et ses collaborateurs, Molliard, Javillier et ses élèves, etc...). Certaines Aspergillacées sont thermophiles.

Les *Fusarium*, de spécification délicate, ont un comportement très voisin de celui des Aspergillacées. Ils ont été étudiés au point de vue production alcool et lipogénèse, par Nord, Danm, Niethammer, etc... Parmi les espèces les plus intéressantes, citons *Fusarium lini*, *Fusarium oxysporum*.

Tous ces champignons sont strictement azymatiques et ne produisent d'alcool que par respiration intra-moléculaire. Celle-ci s'observe chez bien d'autres champignons encore que les Aspergillacées et les *Fusarium*.

3. — Les champignons à graisses

La lipogénèse étant constante en aérobiose, cette dénomination est évidemment arbitraire ; elle se rapporte aux champignons chez lesquels le rendement peut être rendu tel que l'exploitation industrielle des corps gras qu'ils produisent devient possible ; on peut d'ailleurs forcer artificiellement la lipogénèse chez tous les champignons cultivables.

Le groupe très hétérogène des champignons dits à graisses comprend tout d'abord les Mucorales qui ont une individualité biologique très nette : leur croissance est rapide, les cultures sont envahissantes ; à l'inverse des Aspergillacées, elles sont très sensibles à la déficience en facteurs de croissance, notamment en aneurine ou en l'une de ses fractions (Schopfer) ; en conséquence, il est plus difficile de les cultiver sur un milieu synthétique et elles constituent un matériel de choix pour l'étude des facteurs de croissance chez les champignons. Les corps gras sont surtout localisés dans

les chlamydospores intercalaires, mais peuvent s'accumuler dans les éléments mycéliens, voire dans les spores (Niethammer). La sexualité des Mucorales a fait l'objet d'études importantes par la méthode des confrontations (Blakeslee, Burgeff), méthode qui a démontré l'action à distance par des substances diffusibles et aussi peut-être par un autre mécanisme ; Schopfer a envisagé cette sexualité dans ses rapports avec le métabolisme des corps gras ; il est à noter que les zygotes de *Phycomyces* se formant au pied des cultures sont relativement riches en carotènes et que, selon Schopfer, la formation des carotènes serait parallèle à celle des lipides chez les Mucorales. Les espèces les plus étudiées au point de vue lipogénèse sont *Mucor racemosus*, *Mucor hiemalis*, *Phycomyces nitens*, *Phycomyces blakesleanus*, *Rhizopus nigricans*, *Rhizopus oligosporus*, *Zygorhynchus moelleri*, *Mortierella pusilla*, etc...

Parmi les levures à graisses, on distingue les levures vraies ascosporées et les champignons levuriformes anascosporés.

Les levures vraies blastosporées présentent une teneur non négligeable en lipides ; sur les vieilles cultures en aérobiose, on trouve des enclaves lipidiques cellulaires parfois énormes et faciles à mettre en évidence par le lactophénol-soudan III ; *Saccharomyces cerevisiae*, divers *Debaryomyces*, *Hansenula*, *Pichia*, etc... ont un pouvoir lipogénétique relativement élevé.

C'est une levure vraie arthrosporée, *Endomycosis vernalis* (Ludwig 1896), Dekker, qui a le rendement en lipides le plus considérable ; c'est une levure azymatique à croissance lente et qui tend surtout à se faire en épaisseur.

Les levures anascosporées comprennent trois genres essentiels du point de vue lipogénèse :

— le genre *Candida* (Berkhout 1923), Langeron et Guerra 1938, dont *Candida reukaufi* (ancien *Nectaromyces reukaufi*) à pouvoir zymatique tardif, discret, exclusif à l'égard du glycose, et *Candida lipolytica* azymatique. Cette levure, pourvue d'une lipase et d'une tyrosinase, se signale par son pouvoir réducteur puissant et, malgré sa dénomination, par son pouvoir lipoformateur marqué.

— le genre *Torulopsis* avec deux espèces principales : *Torulopsis lipofera* (den Dooren de Jong, 1926) azymatique ; *Torulopsis pulcherrima* (Lindner) Beijerinck, caractérisé macroscopiquement par la netteté des secteurs alternativement blancs et colorés, par un pigment brun rougeâtre diffusible et de nature mélanique, microscopiquement par des cellules *pulcherrima* à membrane épaisse avec double contour, renfermant des graisses et qui sont des

chlamydospores (Langeron et Guerra, 1941). *Torulopsis pulcherrima* ne présente qu'un pouvoir zymatique tardif, discret, exclusif à l'égard du glycosé ;

— le genre *Rhodotorula* à pigments caroténoïdes, toujours azy-matique ; des lipides péricapsulaires seraient le support des pigments caroténoïdes. Nilsson, Enebo, Lundin et Myrbäck ont étudié la lipogénèse chez *Rhodotorula glutinis*.

Les caractères biologiques des Aspergillacées et des *Fusarium* ont été déjà indiqués.

Il n'y a pas d'étude d'ensemble de la lipogénèse chez les Hypocréales. *Claviceps purpurea* est à cet égard le genre le plus important, parce que Tanret en a isolé l'ergostérol et parce que Stoll en a entrepris une étude chimique systématique ; il est particulièrement riche en corps gras de toute espèce.

La lipogénèse a été moins étudiée chez les Basidiomycètes inconstamment et difficilement cultivables. Citons, parmi les Hémiangiocarpes, les Bolétales avec l'espèce *Boletus edulis* ; parmi les Angiocarpes, les Lycoperdacées. Souvent, les corps gras ont une localisation plus particulière chez les Autobasidiomycètes ; hyphes oléifères de certains Agarics, cystides et notamment gléocystides. Peut-être, ces localisations particulières sont-elles en rapport avec la protéogénèse intense et l'hydratation intense qui se manifestent lors de l'éclosion des carpophores. Récemment, on a signalé (P. Heim, 1946) que chez certaines Phalloïdées, il existe des chromoplastes véritables renfermant des cristaux de carotènes. Chez les Protobasidiomycètes, notamment chez les Urédinales, où l'on observe une accumulation de gouttelettes graisseuses et la présence de carotènes dans les urédospores et les téléutospores, le rôle physiologique des corps gras n'a pas été précisé.

Parmi les Adélomycètes, *Geotrichum candidum* (ancien *Oidium lactis*), qui est une Hyphomycétale thallosporée (Géotrichale, *sensu* Langeron, 1948), présente une croissance facile et rapide, avec un pouvoir lipogénétique relativement important, même en culture, sur des milieux pauvres tels que le petit lait. Il est azy-matique. Fait remarquable, ce champignon se développe très bien en milieu liquide, sous une couche de pétrole lampant ou d'huile de paraffine qui paraissent stimuler sa croissance.

Kluyver et Custers établissent que le taux de consommation des sucres est très variable en aérobiose suivant les espèces de levures, mais est toujours inférieur à celui qui est obtenu au cours de la fermentation. A cet effet, ils utilisent des levures qui assimilent, mais ne fermenteraient pas le sucre étudié, ce qui élimine une fermentation associée.

Les résultats suivants sont obtenus au bout de 16 jours à 30° C. :

TABLEAU II (d'après KLUYVER et CUSTERS)

AVEC LE SACCHAROSE	QUANTITÉ INITIALE	POUVOIR RÉDUCTEUR DU MILIEU		QUANTITÉ RESTANTE	QUANTITÉ CONSOMMÉE EN MG.	CONSOMMATION EN %
		Initial	Après hydrolyse			
A. — Assimilations						
<i>Brettanomyces anomalus</i> ..	1458	20	1047	976	482	33,1
<i>Candida parakrusei</i>	1458	46	883	795	663	45,5
<i>Candida albicans</i> (souche 493)	1458	21	51	28	1430	98,1
B. — Fermentation						
<i>Saccharomyces cerevisiæ</i> ..	1458	15	18	3	1455	99,8

AVEC LE LACTOSE	QUANTITÉ INITIALE	POUVOIR RÉDUCTEUR DU MILIEU	QUANTITÉ RESTANTE	QUANTITÉ CONSOMMÉE	CONSOM- MATION EN %
A. — Assimilations					
<i>Saccharomyces cerevisiæ</i>	1468	1448	1428	20	1,4
<i>Saccharomyces carlsbergensis</i> ..	1468	1438	1418	30	2,1
B. — Fermentation					
<i>Saccharomyces fragilis</i>	1468	20	0	1448	100,0

TABLEAU III (d'après KLUYVER et CUSTERS)

GENRE ET ESPÈCE	QUANTITÉ INITIALE DE MAL- TOSE	POUVOIR RÉDUC- TEUR DU MILIEU EN MG DE MALTOSE	QUANTITÉ RESTANTE DE MAL- TOSE	QUANTITÉ DE MAL- TOSE CON- SOMMÉE EN MG	CONSUM- MATION DE MAL- TOSE EN %
A. — Assimilations					
<i>Brettanomyces anomalus</i> ...	1443	1450	1423	20	1,4
<i>Candida parakrusei</i>	1443	1358	1331	112	7,7
<i>Zygosaccharomyces mar-</i> <i>xianus</i>	1443	1464	1437	6	0,4
<i>Torulopsis dattila</i>	1443	856	829	614	42,6
<i>Torulopsis utilis</i>	1443	1434	1407	36	2,5
<i>Saccharomyces ludwigi</i> ..	1443	1444	1417	26	1,8
<i>Saccharomyces fragilis</i>	1443	1438	1411	32	2,2
<i>Torula cremoris</i>	1443	1464	1437	6	0,4
B. — Fermentation					
<i>Saccharomyces cerevisiæ</i> ...	1443	33	6	1437	99,6

Il y a donc bien diminution du taux de consommation des gly-
cides au cours de l'assimilation et cette diminution progresse dans
l'ordre général : saccharose, maltose, lactose.

Quel est le mécanisme de cette action de l'oxygène ? Clifton (1947)
étudie l'assimilation « oxydative » des hydrates de carbone par
Saccharomyces cerevisiæ :

TABLEAU IV (CLIFTON)

HYDRATES DE CARBONE (carbone = 0 mg. 72)	AUGMENTATION DU CARBONE CELLULAIRE	CARBONE DU GAZ CARBONIQUE	CARBONE TOTAL RÉCUPÉRÉ
Glycose.....	0,33	0,34	0,67
Fructose.....	0,43	0,27	0,70
Saccharose.....	0,46	0,29	0,75
Maltose.....	0,50	0,22	0,72

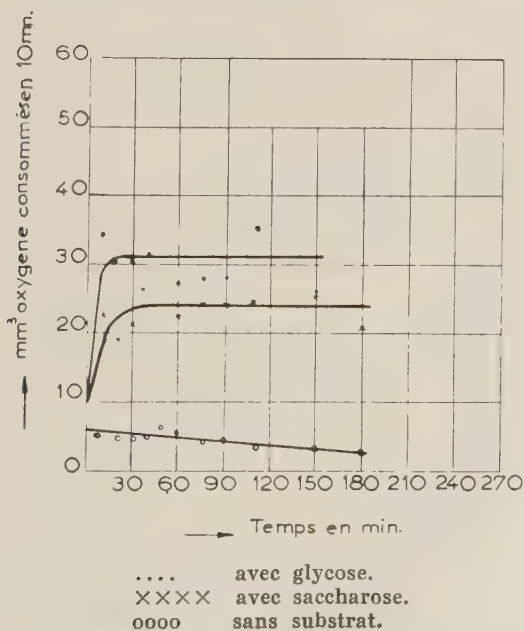
Il ressort de ces expériences que le taux d'augmentation du carbone cellulaire se produit dans l'ordre général : glycose, saccharose, maltose, en présence d'oxygène, tandis que la quantité de gaz carbonique dégagé varie en ordre inverse.

Or, nous verrons que le glycose est plus lipoformateur que le maltose, et que ce dernier favorise plutôt la formation de glycérides cellulaires.

Il sera démontré encore que *les facteurs venant régler et limiter l'assimilation de glycérides, régler et limiter la consommation d'oxygène sont la nature et l'intensité de certaines synthèses, au premier plan desquelles se place la lipogénèse*. On agit facilement sur la nature et l'intensité de ces synthèses en modifiant les conditions de milieu et de culture, ce qui permet en même temps d'en établir le mécanisme et le rôle physiologique (voir fig. 3, p. 319).

L'action de l'oxygène ne s'exerce pas que sur l'assimilation des glycérides. Elle s'exerce sur celle d'autres substances ternaires : alcools aldéhydes, acides organiques, et aussi sur l'assimilation de substances azotées ; il existe, à cet égard, de grandes différences avec ce qui est observé dans la vie anaérobie, différences qui seront mises en évidence dans les chapitres suivants. Les résultats obtenus

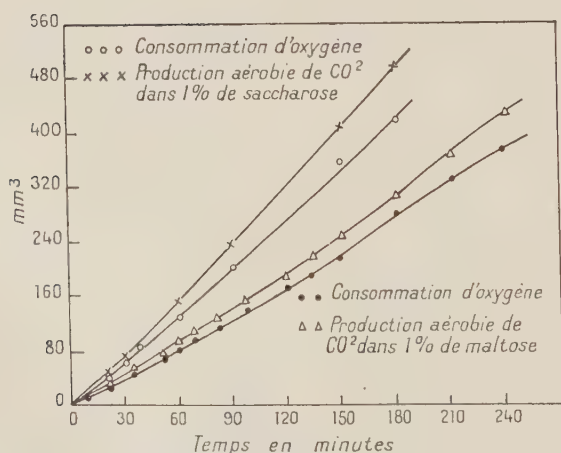
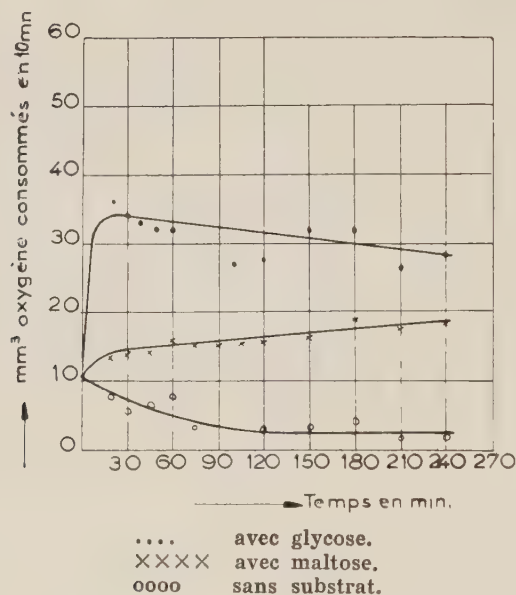
GRAPHIQUE 1



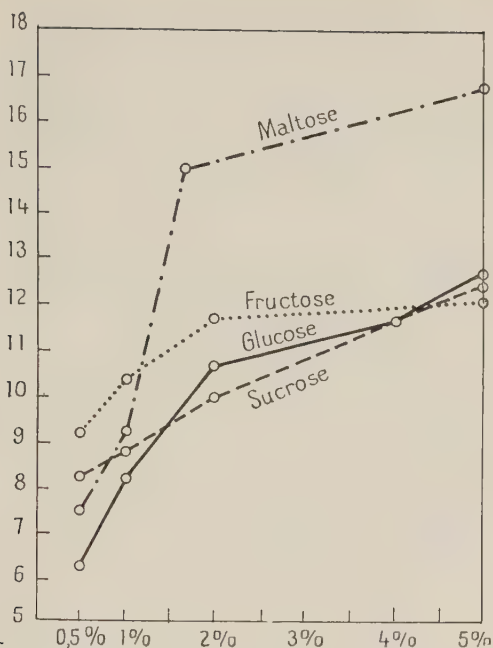
confirmeront la conception énoncée précédemment. Ils montreront surtout l'importance des processus de déshydrogénation et de transfert catalytique de l'hydrogène en aérobiose.

L'action de l'oxygène sur l'assimilation se traduit encore par des différences dans la consommation de l'oxygène. Selon Clifton, le

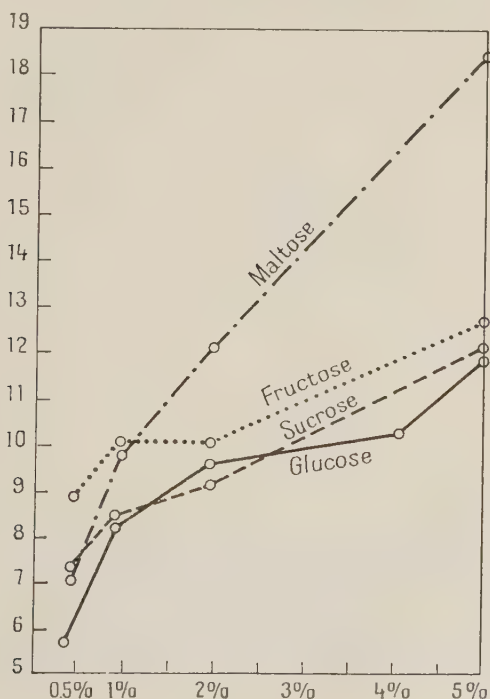
GRAPHIQUE 2



GR. 3. — (KLUYVER et CUSTERS, *Candida parakrusei*).



GR. 4. — En abscisse : concentration en sucre des solutions. En ordonnée : accroissement en glycidés cellulaires dans 12 gr. 5 de levures placées dans ces solutions pendant 45 heures.

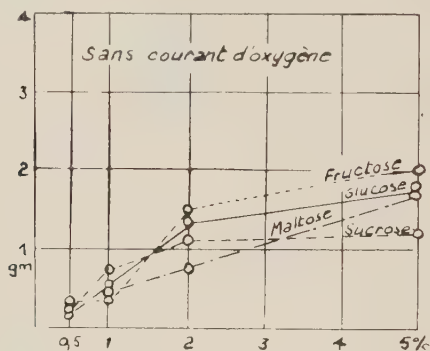


GR. 5. — En abscisse : concentration en sucre des solutions. En ordonnée : accroissement en glycidés cellulaires dans 12 gr. 5 de levures placées dans ces solutions pendant 45 heures.

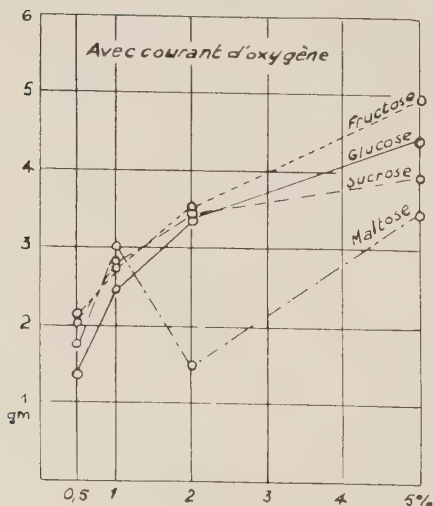
pourcentage d'oxygène consommé tend à croître dans l'ordre : maltose, saccharose, fructose, glycose.

Kluyver et Custers (1940) étudient, par la méthode manométrique de Warburg, la respiration de levures qui assimilent des disac-

GRAPHIQUE 6 (SHEDLEY, MACLEAN et HOFFERT)



GRAPHIQUE 7



charides qu'elles ne feraient pas fermenter. Ils obtiennent, avec *Candida parakrusei*, les résultats suivants (graphiques 1, 2 et 3) :

L'augmentation de la consommation d'oxygène dans l'ordre maltose, saccharose, glycose est générale et se vérifie avec d'autres levures (*Candida albicans*, *Brettanomyces anomalus*, etc...).

Ainsi, se trouve précisée l'action si remarquable de l'oxygène sur l'assimilation des glycéides.

2. — Action sur la lipogénèse

Naegeli et Loew (1878-1879) découvrent l'action de l'oxygène sur la lipogénèse.

Smedley Mac Lean et Hoffert (1923) démontrent chez la levure que la lipogénèse augmente avec la pression en oxygène et la concentration en glycéides (graphiques 6 et 7 : en abscisses, la concentration en sucre des solutions ; en ordonnées, l'accroissement des lipides dans 12 gr. 5 de levures placées dans ces solutions pendant 45 heures).

Selon ces mêmes auteurs, l'addition d'eau oxygénée au milieu de culture accroît la production de lipides.

L'augmentation de la tension en oxygène ne modifie par contre pas ou peu le taux des glycéides cellulaires dans ces mêmes conditions (voir graphiques 6 et 7).

En effet, la tension en oxygène nécessaire à la formation du glycéogène cellulaire est minime ; il est abondant chez les levures, constituant un voile muqueux récemment apparu à la surface de milieux liquides en tubes étroits.

Ainsi, la lipogénèse tend à augmenter elle aussi, dans l'ordre maltose, saccharose, glycose, surtout lorsque la tension en oxygène est importante.

3. — Action sur la production de pigments caroténoïdes

La pigmentation des Rhodotorulacées passe par trois stades :
phase de constitution ;

pigmentation maxima, dont la persistance est liée au pouvoir antioxygène des lipides et des carotènes chez ces levures ;
décoloration.

Les Rhodotorulacées ont toujours des pigments caroténoïdes (Diddens et Lodder) et sont toujours azymatiques (Diddens et Lodder). Le rapprochement de ces deux faits a conduit à attribuer un rôle respiratoire à certains éléments d'insaponifiable et notamment à la partie caroténoïde de l'insaponifiable X.

J. Méry démontre directement l'influence de l'oxygène sur la formation de pigments caroténoïdes ; ils ne peuvent se former en son

absence ; leur production et leur persistance augmentent dans l'ordre général : maltose, saccharose, glycose.

4. — Action sur la production de pigments et d'antibiotiques

Si on ensemence *Penicillium chrysogenum* sur gélose inclinée et sous huile de paraffine, il ne produit ni pigment, ni pigment diffusible. Le rôle des pigments dans la respiration sera établi plus longuement, en confrontant circonstances favorisant la lipogénèse et circonstances favorisant la production de pigments mélaniques (voir tableau XLIV).

L'augmentation de la pression d'oxygène favorise la production de pénicilline, comme elle favorise la production de lipides. Or, la pénicilline, comme les lipides, est autoxydable. Dans la pénicilline F ou dihydropénicilline, le radical acyle est représenté par celui de l'acide caproïque.

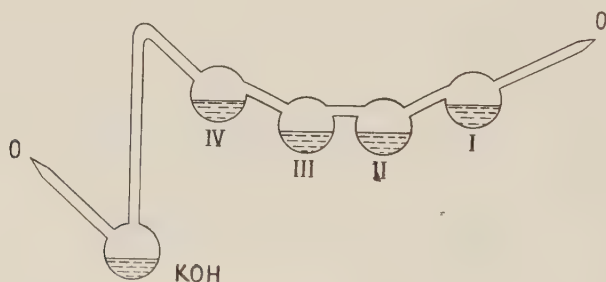


FIG. 2. — Expérience de Denis Cœchin (*in* MANIL, 1947).

La boule I est ensemencée d'une trace de levure.

Les orifices O et O' scellés après élimination de l'air.

Quand il y a fermentation dans la boule I, on ensemence par un mouvement de balancement la boule II ; puis, lorsqu'il y a fermentation, la boule III.

A partir de la boule III, aucune fermentation ne se déclare.

5. — Action sur la production d'alcool éthylique

1° Au cours de la fermentation alcoolique

On doit distinguer *in vivo* deux ordres d'action distincts :

— l'oxygène est nécessaire, à l'état de traces, pour permettre la multiplication cellulaire et le renouvellement des catalyseurs cellulaires ;

— une tension en oxygène excessive inhibe plus ou moins rapidement et complètement la fermentation alcoolique.

Pasteur recherche le poids de sucre consommé par rapport au poids de levure formée (pouvoir ferment) :

TABLEAU V (PASTEUR)

CONDITIONS DE CULTURE	CONCENTR. EN SUCRE	VOLUME DE LA SOL.	POIDS DE SUCRE	SUCRE P CONSOMMÉ	LEVURE P FORMÉE	POUVOIR FERMENT P/p
Aération intense (3 jours)	5 ‰	200 »	10 g.	10 g.	0 g. 44	23
Aération modérée (9 jours)	»	3000 »	150 g.	150 g.	1 g. 97	76
Anaérobiose (9 jours) ..	»	»	»	145 g. 5	1 g. 37	105
Anaérobiose absolue (3 mois)	»	»	»	45 g.	0 g. 255	176

Il démontre que le pouvoir ferment s'élève lorsque la tension en oxygène tend à être nulle et qu'en anaérobiose complète et prolongée, la multiplication cellulaire s'arrête. La fermentation languissante, elle-même, cesse ; en introduisant des traces d'oxygène dans le milieu, il la fait repartir.

Denys Cochin (1881, *in* Manil 1947), par une expérience aussi élégante que simple, établit l'inhibition complète de la multiplication cellulaire en anaérobiose absolue (fig. 2).

L'oxygène ne constitue pas qu'un « aliment » respiratoire, son rôle catalytique se déduit des expériences de Denys Cochin et d'H.-T. Brown (1914). On a confronté, comme l'a exposé Béraud (1945), les quantités minima d'oxygène nécessaires à la multiplication cellulaire et celles qui seraient nécessaires à la respiration de la levure pendant le même laps de temps et qui se trouvent être considérablement supérieures ; ainsi, se trouve confirmée, chiffres en mains, une action d'ordre catalytique de l'oxygène sur la protéogénèse et sur la multiplication cellulaire.

D'autre part, on appelle réaction de ou effet Pasteur l'action inhibitrice de l'oxygène sur la zymase alcoolique, action établie *in vitro* et *in vivo*.

In vivo, on peut étudier l'action de l'oxygène suivant plusieurs méthodes :

— la première n'est autre que celle utilisée par Chevillard, Hamon, Mayer et Plantefol (1930), pour l'étude de la respiration des tissus végétaux ; on diminue progressivement la tension en oxy-

gène, et, pour chacune de ses valeurs, on inscrit la quantité d'oxygène consommé et de gaz carbonique dégagé.

— la deuxième méthode étudie inversement l'action d'une tension en oxygène progressivement croissante sur la production d'alcool. L'emploi de cette seconde méthode ne devrait s'appliquer qu'aux réactions de fermentation dues à des organismes anaérobies. Or, les champignons, et, semble-t-il, tous les organismes producteurs d'alcool éthylique, sont aérobies.

Par la méthode manométrique de Warburg, on mesure, au cours d'une oxybiose ou d'une anoxybiose *de courte durée*, leur action sur la fermentation ; ainsi, se trouvent écartées les difficultés inhérentes à l'application des précédentes méthodes.

La technique micromanométrique de Warburg est applicable non seulement aux organismes vivants, mais encore à l'étude des réactions enzymatiques. On l'applique aux organismes vivants suivant deux procédés différents :

— ou bien on les met directement en contact, dans les fioles, avec le milieu convenablement tamponné dont on veut étudier l'action ;

— ou bien on les entraîne préalablement sur un tel milieu et on les place dans une solution sucrée standard sans azote et convenablement tamponnée.

On doit tenir compte pour l'interprétation des résultats :

— du passé immédiat de la levure ;

— de la composition du mélange-tampon ; celle-ci n'est pas indifférente sur les réactions observées, comme l'ont indiqué Nickerson et Chadwyck ; il faut tenir compte du « complexe organisme-milieu » (E. Rabaud), même au cours des actions de courte durée.

Finalement, la meilleure interprétation est celle qui s'appuie sur les résultats obtenus par différentes méthodes, *sans négliger la simple observation de ce qui peut se passer dans un tube à essai*.

On constate, en effet, que bien des levures zymatiques font fermenter un liquide sucré en couche mince et en présence d'air ; c'est le cas de levures hautes ou de levures produisant un voile à la surface de milieux liquides, par exemple *Candida krusei*, ce qui n'empêche nullement de telles levures d'être fréquemment des ferments puissants.

Istin (1947) étudie, par un procédé spécial, la fermentation produite par une levure du vin appartenant au genre *Saccharomyces*, en présence et en l'absence d'air ; ce procédé lui permet de doser l'alcool au cours d'une fermentation en présence d'air, alcool qui se serait autrement évaporé en partie.

TABLEAU VI (d'après ISTIN)

	EN AÉROBIOSE	EN ANAÉROBIOSE
Sucre initial	637	637
Alcool dissous	8	428
Alcool dans l'air	311	
Sucre résiduel	63	122
Sucre manquant	195	87

La quantité d'alcool produite en présence d'air n'est donc pas négligeable.

Meyerhof (1925), par la technique micromanométrique, démontre que l'effet Pasteur est plus intense à l'égard de la levure de boulangerie qu'à l'égard de la levure de brasserie.

TABLEAU VII (AUBEL, d'après MEYERHOF)

	QO ² SUR TAMPON SEUL	SUR TAMPON + 5% DE GLUCOSE		
		QO ²	Q ^{N²} _{CO²}	Q ^{O²} _{CO²}
L; de boul.....	10	90 à 100	250 à 300	60 à 100
L. de brass.....	10	20	250 à 300	200

(chiffres moyens donnés par E. Aubel)

Custers (1940) confronte des résultats obtenus avec *Brettanomyces claussenii* et avec *Saccharomyces cerevisiae* (souche Delft I) ; les différences dans la production aérobie de gaz carbonique, qui l'emporte sur la production anaérobie de ce gaz chez *Brettanomyces claussenii*, sont inverses de celles observées chez *Saccharomyces cerevisiae*. Custers considère comme négative ou inverse la réaction de Pasteur avec *Brettanomyces claussenii*.

On constate que la levure de brasserie tend à se comporter en aérobiose comme un organisme moins aérobie, on dira à potentiel d'oxydo-réduction cellulaire plus bas que la levure de boulangerie.

De même, *Brettanomyces claussenii* a un potentiel d'oxydo-réduc-

TABLEAU VIII (CUSTERS)

Milieu : 2 p. 100 de glucose et phosphates, pH 4, 5, 30° C.

TEMPS EN HEURES	<i>Brettanomyces clausenii</i>			<i>Saccharomyces cerevisiae</i>		
	Q O ₂	Q O ₂ CO ₂	Q N ₂ CO ₂	Q O ₂	Q O ₂ CO ₂	Q N ₂ CO ₂
1.....	37,8	18,6	3,0	54,6	55,0	129,7
2.....	39,2	9,6	3,4	101,8	101,8	132,2
3.....	39,9	7,4	3,4	48,6	115,4	140,0

tion cellulaire plus bas que *Saccharomyces cerevisiae* (souche Delft I) ; d'autres expériences de Custers établissent plus complètement ce fait.

Donc, *in vivo*, la réaction de Pasteur, considérée comme action inhibitrice de l'oxygène sur la zymase alcoolique, est variable suivant les organismes considérés, si on s'en tient aux valeurs prises par la production aérobie de gaz carbonique. Cette donnée n'est pas suffisante, car la production aérobie de gaz carbonique correspond aussi à une dégradation plus complète du substrat et à d'autres synthèses que celle d'alcool éthylique, notamment à la lipogénèse constante en aérobiose (voir tableau XLI). Seul, le dosage de l'alcool, comme l'a fait Istin, peut renseigner sur l'importance de la réaction de Pasteur.

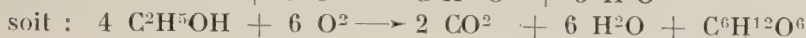
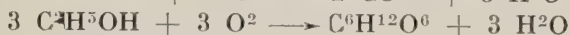
Quoi qu'il en soit, plusieurs théories tentent d'expliquer, dans son mécanisme, la réaction de Pasteur :

— suivant une théorie, due à Lipmann sous sa forme initiale, l'agent inhibiteur est l'oxygène moléculaire ou activé, agissant par l'intermédiaire ou non d'une substance oxydable, sur la zymase alcoolique ;

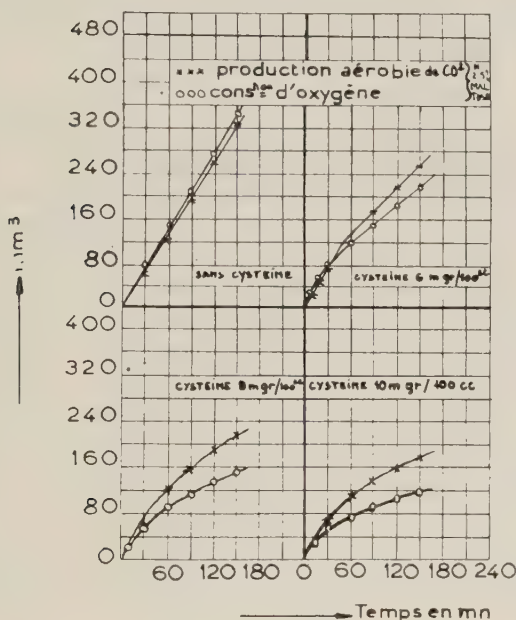
— une autre théorie, plus ancienne, considère, en se basant sur le fait que les stades initiaux du catabolisme des hexoses seraient les mêmes en aéro- et en anaérobiose, que le catabolisme plus complet en aérobiose suffit à expliquer l'effet Pasteur ; mais le métabolisme aérobie se distingue non simplement par un catabolisme plus complet, mais par des synthèses beaucoup plus diverses et poussées ;

— Meyerhof a pressenti l'importance du rôle de ces synthèses, en étendant sa célèbre théorie de la resynthèse du glycogène à partir de l'acide lactique, au cours de la phase aérobie de la contrac-

tion musculaire, au cas des levures. Selon Meyerhof (*in* Aubel), il y aurait synthèse de glycides à partir de l'alcool en aérobiose, et la réaction de Pasteur s'expliquerait chimiquement ainsi qu'il suit :



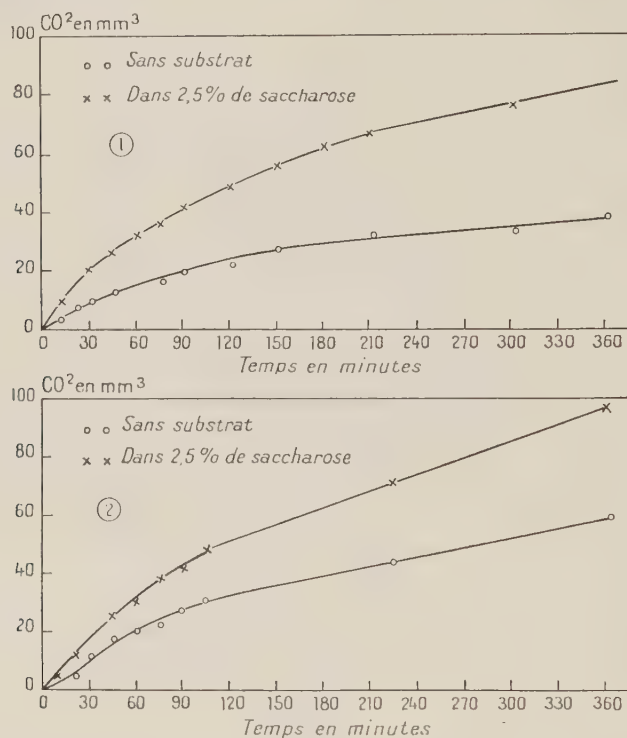
GRAPHIQUE 8



D'où Q.R. = $2/6 = 0,33$ et Meyerhof trouve expérimentalement 0.35. Mais, en fait, à l'utilisation de l'alcool en aérobiose, correspond une série de synthèses, dont l'une des plus importantes est celle des lipides, surtout s'il existe un certain déséquilibre azoté.

Une quatrième et dernière conception repose sur une notion fondamentale : certains enzymes (comme certaines hormones, Wurmser et ses collaborateurs) ne sont activés que dans un état d'oxydo-réduction déterminé. Des groupements thiol et disulfure existent chez divers enzymes ; d'autre part, le glutathion (Hopkins et ses collaborateurs) est abondant dans les levures (0 gr. 6 à 1 gr. pour 100 gr. du poids sec) ; le glutathion à l'état oxydé ou à l'état réduit interviendrait sur l'état d'oxydo-réduction d'un système enzyma-

tique qui présente un groupement thiol ou disulfure soit en l'inhibant, soit en l'activant ; c'est le cas de l'alcool déshydrase. Classiquement, le potentiel d'oxydo-réduction cellulaire s'abaisserait aux environs de $-0,250$ en anaérobiose (Aubel et Lévy), au voisinage du potentiel de demi-réduction établi par Wurmser et Filitti-Wurmser



GRAPHIQUES 9 ET 10. — (D'après KLUYVER et CUSTERS)
Fermentation anaérobie du saccharose : 1) chez *Candida albicans* ;
2) chez *Candida parakrusei*.

(E'o = $-0,200$ à pH 7 et à 25° C.) du système acétaldéhyde \rightleftharpoons alcool, ainsi l'effet Pasteur s'expliquerait par une inhibition enzymatique plus ou moins rapide, rapidité qui dépend de la proportion et de la nature d'autres catalyseurs possédant un groupement thiol ou disulfure. Des expériences de Quastel et Wheatly (1932), de Hoogerheide (1935) et de Kluyver et Custers (1940), il résulte que la cystéine inhiberait la réaction de Pasteur ; Kluyver et Custers pensent même démontrer par les graphiques ci-dessous

que *Torulopsis dattila*, considéré comme incapable de faire fermenter le maltose, fait fermenter en réalité ce sucre (1).

2° Au cours de la respiration intra-moléculaire

Observée chez des champignons filamenteux azymatiques et au cours de leur développement normal en aérobiose, la respiration intra-moléculaire est toujours associée à la lipogénèse constante en aérobiose (voir page 269).

Jacquot et Raveux (1944) confrontent la lipogénèse et la production d'alcool qui sont concomitantes chez *Sterigmatocystis nigra* (tableau IX).

Le rapport mycélium sec/sucre disparu, en moyenne de 0,33, s'abaisse à 0,23 lorsqu'il y a production d'alcool.

D'autre part, cette production croît avec la concentration en glycérides, comme la lipogénèse elle-même, sans qu'il y ait proportionnalité stricte avec celle-ci.

Enfin, la production d'alcool peut être intense : 25 mgr. par gramme de mycélium sec pour certaines souches.

Par insufflation d'air stérile dans le sein d'un milieu de culture liquide, on diminue ou on supprime la production d'alcool et on augmente celle de lipides ; c'est ce que met en évidence un brevet allemand de Henkel : si on cultive *Rhizopus oligosporus* sur un milieu renfermant 6 p. 100 de sucre, 5 p. 100 de moût de bière, l'azote, les phosphates et autres éléments nécessaires, si on soumet cette culture à une aération intensive, la production d'alcool reste inférieure à 1 p. 100 et on peut augmenter le rendement en graisse brute jusqu'à 2,28 p. 100 ; le pH s'est alors abaissé de 4,03 à 3,42.

Conclusions à ce chapitre

L'oxygène exerce une action d'ordre catalytique sur la forme d'activité cellulaire la plus importante : la protéogénèse et la multiplication cellulaire.

Tandis que la respiration s'établit aussitôt en présence d'oxygène chez les champignons, qui sont sans exception des organismes aérobies, la lipogénèse, la production de carotènes, de pigments fixes ou

(1) Custers (1940) considère que chez *Brettanomyces claussenii* l'effet Pasteur est négatif, parce que la production aérobique de gaz carbonique dépasse sa production anaérobique. Il faut tenir compte :

1° du fait que les deux phénomènes ne sont pas équivalents, car ils ne correspondent pas au même potentiel d'oxydo-réduction cellulaire ;

2° de la possibilité que certaines synthèses (de même qu'il existe des synthèses avec carboxylation) peuvent s'accompagner de décarboxylation.

Nous pensons donc que la réaction de Pasteur ne peut être mesurée que par la diminution de la production d'alcool.

TABLEAU IX

Formation concomitante de lipides et d'alcool par *Sterigmatocystis nigra*.
(d'après Jacquot et Raveux)

CONCENTRATION EN GLYCOSE P. 100	POIDS SEC DES MYCÉ- LIUM, GR.	LIPIDES TOTAUX, MG.	ALCOOL FORMÉ ET AUTRES PRODUITS VOLATILS EXPRIMÉS EN ALCOOL	LIPIDES EN MG. PAR GR. DE MYCÉ- LIUM SEC	SOURCE D'AZOTE, DURÉE
3 p. 100.....	1,87	157	0	84,5	0,5 p. 100 de Sulfate d'Ammonium 98 heures
15 p. 100.....	3,57	527	317	147	
22 p. 100.....	3,97	543	516	137	
30 p. 100.....	3,51	334	331	95	
40 p. 100.....	3,51	456	469	138	
3 p. 100.....	1,75	163	0	93	0,5 p. 100 de Sulfate d'Ammonium 6 jours
15 p. 100.....	4,13	582	458	141	
22 p. 100.....	4,06	457	395	112	
30 p. 100.....	4,05	233	376	57	
40 p. 100.....	3,36	229	482	68	
3 p. 100.....	1,73	178	0	102	0,3 p. 100 de Nitrate d'Ammonium 98 heures
15 p. 100.....	3,65	729	790	200	
22 p. 100.....	5,48	1.405	780	257	
30 p. 100.....	2,74	190	685	69	
40 p. 100.....	1,53	122	388	79	
3 p. 100.....	1,55	163	0	105	0,83 p. 100 de Nitrate de Potassium 98 heures
15 p. 100.....	4,78	985	722	206	
22 p. 100.....	3,33	664	656	199	
30 p. 100.....	1,42	190	420	133	

diffusibles, de pénicilline apparaissent plutôt comme une réaction à une action de plus ou moins longue durée de l'oxygène.

En présence d'oxygène, le taux de consommation des glycidés, la respiration, la lipogénèse augmentent dans le même ordre général : maltose, saccharose, glycose.

Une augmentation de la tension en oxygène est l'une des circonstances qui tend à élever le potentiel d'oxydo-réduction cellulaire ; elle accroît constamment la lipogénèse.

Une diminution de la tension en oxygène favorise, au contraire, la production d'alcool qui paraît ainsi se substituer plutôt à la lipogénèse qu'à la formation de glycidés cellulaires.

IV. — ACTION DES GLYCIDES

1. — Glycides et production de lipides

On peut se demander si les lipides peuvent se former réellement aux dépens des glycides. Terroine et Bonnet le démontrent sur *Sterigmatocystis nigra* : il faut 172 calories de glycose pour édifier 100 calories de mycélium contenant 6 calories, 33 d'acides gras ; 184 calories de glycose pour édifier 100 calories de mycélium contenant 17 calories 02 d'acides gras, par conséquent 12 calories de glycose ont été employées pour faire 10 calories 69 d'acides gras, d'où rendement $10,69/12 = 0,89$. Donc, il y a toute probabilité pour la synthèse de lipides à partir de glycides ou plus exactement de certains produits intermédiaires de leur catabolisme.

La formation de lipides aux dépens des glycides est démontrée par plusieurs ordres de faits :

- la lipogénèse augmente avec la concentration en glycides ;
- l'intensité de la lipogénèse varie suivant les sucres employés.

1° L'action d'une augmentation de la concentration en glycides sur un accroissement de la lipogénèse est péremptoirement démontrée par les expériences de Smedley Mac Lean et Hoffert (1923), de Jacquot et Raveux (1943) (voir tableau IX et graphiques 6 et 7).

Terroine et Bonnet (1927) obtiennent avec *Sterigmatocystis nigra* les résultats suivants :

TABLEAU X (TERROINE et BONNET)

Concentration en glycides. . .	3 p. 100	10 p. 100	20 p. 100	40 p. 100
Matières protéiques.	34,47	34,37	34,37	35,06
Acides gras totaux.	3,1	9,0	10,5	12,32
Insaponifiable.	0,31	1,0	1,2	1,16
Cendres.	3,0	3,0	3,0	
Cellulose par différence.	59,93	52,6	51,1	48,96

2° Le pouvoir lipiformateur des sucres dépend de leur nature, mais il relève aussi d'autres facteurs qui sont notamment :

- leur assimilabilité ;
- la tension en oxygène ;
- la nature de la source azotée ;

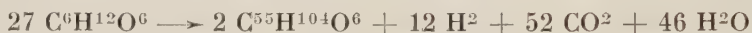
- l'existence d'un déséquilibre azoté ;
- la réaction du milieu.

Quel est le mécanisme de la lipogénèse aux dépens des glycérides ? Divers expérimentateurs (Gerber, Terroine et ses collaborateurs, etc...) ont trouvé un quotient respiratoire nettement accru au cours de la lipogénèse aux dépens des glycérides, qu'ils soient extrinsèques ou accumulés dans les organismes ; *ce fait est général*, puisqu'il se retrouve aussi bien dans la lipogénèse, au cours de la maturation des olives (Gerber) ou des graines de ricin, dans la lipogénèse chez les animaux ou chez les champignons. Il y aurait deux processus associés en part variable :

- oxydation du glycérose suivant la formule globale :



— conversion de glycérides en glycérides par une série de déshydrogénations et de décarboxylations enzymatiques, ce qu'exprime notamment la forme de Magnus-Lévy (1925) :



27 molécules de glycérose \rightarrow 2 molécules de stéaro-oléo-palmitine.

L'association de ces deux processus respiratoire et lipogénétique explique un Q.R. supérieur à l'unité (E. Lebreton).

Il est encore plus difficile de fournir un bilan de la lipogénèse que de la fermentation alcoolique ; les données à ce sujet varient suivant les organismes fungiques, les procédés de culture, les techniques d'extraction et de dosage, les auteurs.

Au point de vue chimique, on rencontre constamment les acides oléique, linoléique, stéarique et palmitique. Ward et Jamieson ont individualisé l'acide tétracosanique chez *Penicillium javanicum*. La proportion d'acides gras libres par rapport aux graisses neutres est variable. Les acides gras sont d'autant plus saturés que formés à une température plus élevée (Terroine, Bonnet, Kopp et Véchet, 1927).

Au point de vue physique, il s'agit de graisses fluides ou demi-fluides de coloration jaune, orangée ou rougeâtre (ce qui, selon Damm, indiquerait la présence de pigments caroténoïdes). Elles ranciraient vite. Les différents indices (d'iode, de saponification, etc...) sont variables, de même que l'on note une proportion différente d'insaponifiable total, suivant les origines et les milieux de culture.

FRACTION	<i>Blastomyces dermatitidis</i>	<i>Candida albicans</i>	<i>Geotrichoides sp.</i>	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	<i>Penicillium aurantio-brunneum</i>	<i>Penicillium javanicum</i>	<i>Aspergillus sydowi</i>	<i>Aspergillus niger</i>
Soluble dans l'eau.....	4	6,9	4,4	7	10,1	6,4	11,0	20,5
Insaponifiable.....	8	13,6	9,4	45,6	4,5	2,0	8,2	12
Acides gras.....	88	79,5	86,2	47,4	5,4	91,6	81,0	67,5
Acides saturés.....	14,5	20,6	7,8	9,5	14,0	30,8	24,9	15,0
» non saturés.....	73,5	58,9	78,4	37,9	71,4	60,8	56,1	52,5
Acide palmitique.....	9,7	15,5	5,0	13,5	8,6	21,4	8,8	7,1
» stéarique.....	4,8	5,1	2,8	4,5	5,3	8,6	11,0	0,9
» tétracosanique.....	Présent				Traces	0,8	0,9	1,8
» oléique.....	55,0	48,6	36,1	25,2	40,2	31,7	29,6	21,5
» linoléique.....	18,5	10,3	42,3	10,7	31,2	29,1	16,3	23,9
Glycérol.....	Présent	Présent	Présent	5,9	Présent	Présent	Présent	6,2
Sterols.....	4	7	Présent	Présent	1,9	Présent	5,4	1,4

Composition centésimale de la fraction phospholipidique

Soluble dans l'eau.....	32	37	31	38
Insaponifiable.....	3	25	3	0,4
Acides gras.....	65	38	66	62
» saturés.....	12		10	9
Acide palmitique.....	8		5	4,5
» stéarique.....	4		5	4,5
Acides non saturés.....	53		56	53
Acide oléique.....	49		51	51
» linoléique.....	4		Traces	2
» glycérophosphorique.....	10		Présent	Présent
Choline.....	Présent	Non décelé	Présent	Présent
Ethanolamine.....	Présent	Non décelé	Présent	Présent
Hydrates de carbone.....		Non décelé	Présent	

Constantes se rapportant à la fraction lipidique soluble dans l'acétone

Indice d'iode.....	106,6	81,0	128,0	61,3	84,0	114,4	95,1
» d'acide.....	45,3	96,3	105,0	28,6	10,8	13,4	71,2
» de saponification.....	191,5	183,9	170,0	109,6	191,0	169,5	169,0
» d'éther.....	146,2	87,6	73,0		180,4	126,1	97,8
» de Reichert Meissel.....	2,7	2	0,8	2,3	0,3	0,5	1,0
Fraction insaponifiable.....	8,0	13,6	9,4	45,6	2,0	8,2	12,0
Auteurs des dosages.....	Peck et Hauser	Peck et Hauser	Turpeinev	Newman M. S. et R. J. Anderson	Ward et Jamieson	Strong et Peterson	Bernhaver et Posselt

TABLEAU XI
Graisses de *Mucor Mucedo* (BLINC et BOTEC)

	FRACTION SOLUBLE DANS LES SOLVANTS LÉGERS	FRACTION SOLUBLE DANS LES SOLVANTS LOURDS
Indice acide	107,7	96,7
Indice de saponification	190,8	192,6
Indice éther	83,1	95,9
Indice d'iode	125,6	
Indice de réfraction à 40° C.	1,4695	
Réfraction moléculaire.	67,5	
Insaponifiable	6,1	

2. — Glycides et production d'alcool éthylique

a. — Glycides et fermentation alcoolique

Indiquons les caractères biologiques essentiels de la fermentation alcoolique par les levures. On est peu renseigné sur la possibilité d'utilisation de certains glycides complexes en anaérobiose. Sont seuls fermentescibles les sucres de la série dite naturelle ou série *d*. Certains *trioses* : glycérose ou aldéhyde glycérique, dioxycétone (Gabriel Bertrand) sont directement fermentescibles ; sous leur forme phosphorylée, ce sont des intermédiaires reconnus du catabolisme des hexoses (Meyerhof). Les *pentoses* sont infermentescibles. Parmi les *hexoses*, glycose, mannose et lévulose ou *d* fructose ont une forme énolique commune et si l'un de ces trois sucres fermente, les deux autres pourront aussi fermenter (Fischer et Thierfelder, Kluyver) ; toute levure zymatique fait fermenter obligatoirement le glycose (Kluyver) ; le galactose est très inconstamment fermenté, fermentation tardive et discrète. Certaines nonnoses sont fermentescibles, par exemple le mannonnonose. Comme disaccharides, le saccharose non réducteur, le maltose et le lactose réducteurs peuvent être hydrolysés en anaérobiose. Selon Kluyver, la fermentation du lactose et du maltose par une même levure n'existe pas ; mais la fermentation du lactose est exceptionnelle, elle est presque caractéristique de *Saccharomyces fragilis* ou *Candida pseudo-tropicalis*. D'autre part, *Brettanomyces claussenii* ferait fermenter : lactose et maltose, faisant ainsi exception au principe de Kluyver et Stelling-Dekker. Un triholoside, non réducteur, le raffinose, est

dédoublé par les levures hautes en glycose et mélibiose ; les levures basses hydrolysent en outre le mélibiose.

L'acide pyruvique que l'on capte, en additionnant de craie un moût en fermentation, est susceptible d'être décarboxylé en anaérobiose avec formation d'acétaldéhyde. La formation d'acétaldéhyde est encore mise en évidence en le captant par le sulfite ou le dimédon et on voit diminuer proportionnellement la production d'alcool. Les polyols (mannitol, glycérol, etc...) sont infermentescibles et la fermentation alcoolique vraie ne peut se produire qu'aux dépens de sucres.

Autre caractère biologique important : l'observation courante montre qu'il y a de grandes différences dans l'apparition et la vitesse de fermentation des différents sucres ; ces différences tiennent à la nature propre des sucres : le glycose est plus vite fermentescible que le saccharose ou le maltose, ces derniers plus vite que le raffinose ; tout se passe comme si l'hydrolyse des polysaccharides devait être totale ou quasi-totale, avant que ne se déclanche la fermentation proprement dite, comme s'il y avait inhibition réciproque d'actions diastasiques permettant leur régulation. Par ailleurs, la vitesse de déclenchement des actions fermentatives dépend du champignon, de son passé, de la réaction du milieu, de sa teneur en phosphates, oligo-éléments, facteurs de croissance ; il faut tenir compte aussi des traces d'air présentes dans le milieu ou que l'on apporte en ensemençant et qui ont une action initiale considérable sur le facteur multiplication cellulaire.

L'augmentation de la concentration en glycéides, le taux de l'azote restant constant, n'affecterait pas sensiblement la marche de la fermentation pour des concentrations variant de 0,5 à 12 p. 100.

TABLEAU XII (d'après CUSTERS, 1940)

Fermentation du glucose par *Brettanomyces clauseni* dans un milieu renfermant 0 gr. 50 de sulfate d'ammonium, 2 p. 100 de craie, 10 p. 100 d'autolysat de levure, à 30° C.

	GRAMMES		GRAMMES
Glucose fourni.....	7,373	Glucose fourni.....	14,630
Glucose non fermenté..	0,133	Glucose non fermenté..	0,220
Glucose fermenté.....	7,240	Glucose fermenté.....	14,410
Gaz carbonique.....	2,788	Gaz carbonique.....	6,354
Alcool éthylique.....	3,402	Alcool éthylique	7,050

Il existe de grandes différences dans l'intensité du pouvoir fermentatif suivant les levures ; certaines sont des ferments puissants, par exemple *Saccharomyces uvarum*, *Torulopsis utilis*, *Candida krusei*, d'autres ont un pouvoir zymatique tardif et léger. Il peut en être ainsi à l'égard d'un sucre déterminé, qu'une levure zymatique assimile. Par exemple, l'emploi des techniques courantes montre que *Candida albicans* ne fait fermenter que le glycose et le maltose et qu'elle assimile en outre le saccharose. Kluver et Custers démontrent, par l'emploi de la méthode manométrique de Warburg, que cette levure fait également fermenter ce sucre. De même, *Candida parakrusei* (voir graphique 9) fait fermenter en réalité le saccharose.

Indiquons le résultats de quelques bilans fermentaires :

TABLEAU XIII

	PASTEUR	CLAUDON ET MORIN (in MANIL 1947)	SMIT (in COLIN 1945)
	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> p. 100 de saccharose	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	<i>Zymosarcina ventriculi</i>
Gaz carbonique	49,2		47,0
Alcool éthylique.....	51,5	50,615	43,7
Glycérol.....	3,4	2,158	
Ac. succinique.....	0,65	0,452	
Ac. acétique.....		0,205	6,6
Glycol isobutylique..		0,158	
Alcool isoamylique..		0,051	
Alcool propylique normal..		0,002	
Alcool cœnanthique..		0,002	
Alcool isobutylique..		0,0015	
Aldéhydes.....		Traces	
Furfurol.....		Traces	
Acétylméthylcarbinol			1,7
Ac. formique.....			0,8
Hydrogène			0,46
Matières grasses et cellulose.....	1,30		

La fermentation alcoolique présente classiquement cinq formes décrites dans tous les manuels de biochimie. Genevois (in Colin,

1947) considère toute fermentation alcoolique par les levures comme un mélange à proportions variables, suivant les conditions de pH et de rH, de six types de fermentation : alcoolique selon Gay-Lussac, lactique, glycéro-pyruvique, glycéro-aldéhydique, glycéro-acéto-alcoolique, glycéro-succinique. Il est intéressant de noter que les proportions de glycérol et d'acide acétique croissent avec le pH, mais aussi le butylène-glycol, alors que l'acide succinique diminue ; ces faits ont été constatés, en employant des levures elliptiques, par Genevois et ses collaborateurs, ce qui a permis à ces auteurs d'en établir une classification d'après l'étude des produits secondaires de la fermentation :

— levures succinogènes ac. acétique/ac. succin. < 3,2
 — levures équilibrées.. 3,2 < ac. acétique/ac. succin. < 5,6
 — levures acétogènes .. 3,7 < ac. acétique/ac. succin. < 6,6

chacun de ces groupes pouvant être glycologène ou non suivant que 1.000 (butylène-glycol/glycérol) > 70 ou < 70.

Nous verrons par la suite quel est le rôle de certaines de ces substances et à quelle nécessité physiologique répond leur excrétion.

b. — Glycides et respiration intramoléculaire

Elle peut se produire aux dépens des glycides précédents, mais également aux dépens de glycides complexes et de pentoses.

Les pentoses sont une source de lipides chez les *Fusarium* (Nietnammer) et les Aspergillacées, de même qu'ils sont alcool-formateurs chez ces champignons.

Dans le cas de production d'alcool à partir des pentoses (xylose et arabinose), il y aurait formation transitoire d'acétaldéhyde et le rendement final serait d'une demi-molécule d'alcool, au lieu d'une entière pour une molécule de gaz carbonique dégagé.

TABLEAU XIV (d'après RIPPEL et WIANGKE)

SUCRE UTILISÉ EN GR.	ACÉTALDÉHYDE FORMÉ, MG.	RAPPORT ACÉTALDÉHYDE SUCRE CONSOMMÉ	ALCOOL ÉTHYL. FORMÉ, MG.	RAPPORT ALCOOL ÉTHYL. SUCRE CONSOMMÉ
1,73.....	2,6	0,15	351,4	20,3
2,01.....	4,6	0,23	621,1	30,9

Toutefois, il n'y a pas de relation évidente entre la formation d'alcool et la production d'acétaldéhyde. Rippel et Wiangke (1941) cultivent *Sterigmatocystis nigra*, sur un milieu contenant du sulfite de calcium.

Un autre caractère, qui oppose cette production d'alcool à la fermentation alcoolique vraie, est que le rendement en alcool, qui peut atteindre 25 à 33 % du sucre consommé (Kostychev et Afanasstewa), reste toujours inférieur au rendement obtenu dans la fermentation alcoolique vraie.

3. — Action sur des métabolismes particuliers

Lorsque la tension en oxygène est modérée, l'assimilation des glycérides entraîne la formation de glycogène ; par exemple, si on prélève des fragments de voile développés à la surface de milieux de culture liquidesensemencés avec des levures, on constate que les cellules, régulièrement arrondies ou ovalaires et pourvues d'une capsule énorme par lesquelles elles sont coalescentes, sont bourrées de glycogène et dépourvues d'enclaves lipidiques.

On a isolé du tréhalose de levures (Tanret) et de *Sterigmatocystis nigra* (Bourquelot).

La formation du mannitol chez de nombreux champignons a fait l'objet de recherches de Bourquelot, de Frèrejacque, de Raistrick et Smith, ces derniers auteurs ayant démontré chez *Sterigmatocystis nigra* que le mannitol pourrait se former à partir des sources de glycérides les plus variées, y compris les pentoses.

Il est donc difficile de déduire de la disparition d'une substance et de la constitution d'une autre que l'une se forme aux dépens de l'autre.

L'alcool éthylique et les lipides se forment bien aux dépens des glycérides. Mais il est beaucoup plus difficile de l'admettre pour les pigments, bien que leur formation soit influencée par la présence de glycérides, leur nature et leur concentration.

Par exemple, s'il est vraisemblable de concevoir que les carotènes, comme les lipides, puissent se former aux dépens de glycérides, il est bien plus difficile d'admettre que les mélanines se forment aux dépens de glycérides ; cependant, carotènes et pigments mélaniques apparaissent tous deux dans des circonstances similaires, qui provoquent également la production de lipides.

Conclusions à ce chapitre

Alcool éthylique et lipides se forment également aux dépens de glycérides.

Quelles sont les circonstances rendant prédominante l'une ou l'autre forme de synthèse ? L'action de l'oxygène a été précisée, celle d'autres facteurs sera établie ultérieurement.

Mais déjà, il apparaît que ces synthèses font équilibre au catabolisme des glycides, de même que celles du glycogène. La synthèse de l'alcool y fait équilibre lorsque la tension en oxygène est très réduite, celle du glycogène lorsqu'elle est modérée, celle des lipides toujours en aérobose, mais plus ou moins intensément, jusqu'à devenir exclusive parfois.

V. — ACTION DES ALCOOLS

1. — Les monols

L'alcool éthylique produit au cours de la fermentation a le caractère précis d'une substance d'excrétion. Sa signification physiologique est analogue à celle de pigments diffusibles au cours de la respiration intra-moléculaire. L'alcool éthylique ne constitue jamais un élément intermédiaire au cours du métabolisme purement aérobie ; cependant, il peut être assimilable *sans qu'il y ait un lien entre cette possibilité et l'existence d'un pouvoir fermentatif* ; la croissance, dans les milieux à l'alcool, est généralement lente et peu importante ; la concentration maxima en alcool éthylique supportée est de l'ordre de 6 à 8 % chez les moisissures (Raulin 1870, Ellis et Krause) ; ces derniers auteurs constatent sur *Penicillium carmino-violaceum* que plus la concentration en sucre d'un milieu contenant de l'alcool est élevée, moins l'effet toxique de l'alcool se fait sentir.

Les alcools propylique, butylique et amylique ont une action généralement inhibitrice ; Ellis et Krause font remarquer que *Penicillium citrinum* supporte encore une concentration à 3 % d'alcool propylique ; quant à l'alcool méthylique, son effet toxique se fait rapidement sentir, peut-être par formation de formaldéhyde ; il peut cependant être toléré à des concentrations de 1, 2 et même 3 par certains Pénicillés (Ellis et Krause).

L'alcool peut être glycoformateur, lipiformateur ou oxydé en acide acétique (*Fusarium lini*, *Brettanomyces claussenii* et *Brettanomyces bruxellensis*). Lindner et Unger soumettent la levure à l'action de vapeurs d'alcool ; il se produit des gouttelettes d'huile.

Heide procède à une série d'expériences sur *Endomyces vernalis* :

TABLEAU XV (HEIDE)

ESSAIS	ASPARAGINE EN P. 100	ALCOOL EN P. 100	DATE DU PRÉLÈVEMENT	GRAISSE BRUTE EN % DU CHAMPIGNON SEC
A	1/8 %.	—	3	32,4
B	»	—	6	42,9
C	»	4	6	42,0
D	1/1 %.	—	3	6,9
E	»	—	6	8,05
F	»	4	6	16,1

Dans les essais *c* et *f*, on a remplacé au troisième jour le milieu initial par 15 cm³ d'alcool à 4 %. L'alcool est donc bien lipoformateur chez *Endomyces vernalis* dans les conditions de l'expérience.

L'alcool, comme le glycérol, peut être également formateur de glycides, lorsque la tension en oxygène est faible ; on le constate en prélevant un fragment de voile apparu récemment à la surface du milieu de Stelling-Dekker liquide en tube étroit ; le lugol colore intensément le glycogène et il n'y a pas d'enclaves lipidiques.

2. — Les polyols

Le glycérol se formerait en anaérobiose soit à partir du phosphoglycéraldéhyde en milieu alcalinisé, soit à partir de l'acide glycérophosphorique ; il est, comme les autres polyols, constamment fermentescible par les levures. Il est, avec les mêmes remarques que pour l'alcool éthylique, plus ou moins assimilable par les champignons et apte à favoriser leur croissance ; par exemple, *Torulopsis pulcherrima* se développe bien sur milieu au glycérol, *Candida reukaufi* et *Torulopsis lipofera* ne s'y développent que lentement, alors même que la source azotée leur convient.

Le glycérol serait constamment lipoformateur (Smedley Mac Léan et Hoffert) ; nous avons pu le constater en utilisant un milieu à 2 % de glycérol et à 1 % de peptone ou d'asparagine ou de nitrate d'ammonium calqué sur celui de Sabouraud ramené à 2 % de glycose (Langeron), milieu équilibré qui convient le mieux en pratique à la culture des champignons microscopiques. Le glycérol est non seulement lipoformateur, mais caroténoformateur chez les

Rhodotorula (Fromageot et Tchang) ; il provoque une augmentation de la pigmentation, mais aussi sa persistance indéfinie ; on a établi que cette persistance est liée, *in vivo*, au pouvoir antioxygène réciproque des lipides et des carotènes (Luteraan, 1946 ; Luteraan et Choay, 1947).

Le glycérol favorise la production de pigments mélaniques chez *Pullularia pullulans*. Chez *Endomyces vernalis*, le coefficient d'assimilation du glycérol est faible et même, si on déséquilibre le milieu en employant la solution type Wöltje, il n'y a pratiquement ni assimilation, ni lipogénèse (Heide) ; selon Raaf, le glycérol le plus pur n'est guère lipoformateur ; jusqu'ici, nous n'avons pas trouvé la preuve de cette assertion, mais on peut objecter que ces auteurs allemands (Heide et Raaf) emploient presque constamment la solution de Wöltje (1) où la concentration en glycérol, pour lequel la perméabilité cellulaire est grande, est beaucoup trop élevée. Il manque dans leurs expériences une référence, par rapport à des milieux normaux et équilibrés, qu'un long usage mycologique (Langeron, Westerdijk) a consacrés ; une dose d'hydrate de carbone dépassant deux ou trois % provoque obligatoirement la lipogénèse et augmente l'acidification du milieu (Westerdijk, 1947) ; d'où il résulte que pour apprécier la véritable valeur lipogénétique des différents glycérides et aliments ternaires, il faudrait commencer par opérer dans les conditions normales de milieu et de culture. Ainsi, Heide trouve pour le mannitol à une concentration de 7,59 % et 1/8 d'asparagine un pouvoir lipogénétique intense ; on ne sait si, dans des conditions normales, cette substance est véritablement lipoformatrice, on sait seulement qu'elle constitue un excellent aliment qui favorise, dans les milieux de culture appropriés, la croissance de nombreux champignons.

(1) Voici comment ils procèdent : placer dans des boîtes de Pétri stériles 35 gr. de sable de quartz grossier stérilisé ; placer au-dessus un papier-filtre stérile (papier-filtre dur de Schleicher et Schull n° 595) de même diamètre que le diamètre intérieur de la boîte ; verser ensuite une quantité déterminée de la solution de Wöltje : eau dist. 100, saccharose pur Merck 7,50, asparagine 1, phosphate monopotassique 0,50, $\text{SO}_4\text{Mg } 7 \text{ H}_2\text{O}$ 0,25. Ce dispositif permet la récolte en masse, la transposition brutale dans un autre milieu de culture ; enfin Raaf a eu l'idée de remplacer dans certaines expériences le sable de quartz par un adsorbant : la permutite qui adsorbe électivement l'ion ammonium produit en excès par les cultures, mais de façon qu'il soit finalement récupérable pour ces dernières. Les notations 1/1, 1/8 asparagine signifient 1 0/0 et 0,25 0/0 d'asparagine. On peut remplacer l'asparagine ou le saccharose par un autre élément azoté ou ternaire.

VI. — ACTION DES ALDÉHYDES

1. — Action sur la croissance et sur l'assimilation

L'acétaldéhyde agit plus rapidement comme substance toxique que comme aliment chez les champignons (Smedley Mac Lean et Hoffert).

Cependant, Fink et Krebs trouvent que *Torulopsis utilis* se développe facilement sur une solution faible d'acétaldéhyde, constituant l'unique source de carbone.

De même, Schanderl cultive *Cladosporium cellare* (de son vrai nom *Rhacodium cellare*) sur un milieu nutritif anorganique et obtenait une bonne croissance sous l'effet de vapeurs d'acétaldéhyde. Il est à remarquer que chez d'autres Dématidiées, on observe souvent une croissance sur des milieux en apparence peu nutritifs, ce qui leur confère presque une allure d'organismes autotrophes, car, comme *Rhacodium cellare*, ce sont des organismes peu exigeants.

On ne possède que peu de données sur d'autres aldéhydes, notamment formaldéhyde et aldéhyde aromatiques qui se montrent toxiques.

Benheim démontre que l'anisaldéhyde inhibe la respiration de *Blastomyces dermatitidis* en présence de lactate ou de pyruvate, mais non en présence de glycose. On ne connaît pas autrement l'action des aldéhydes sur la respiration.

2. — Action sur la lipogénèse

Haehn et Kintoff (1923) expérimentant sur *Endomyces vernalis* ont trouvé de l'acétaldéhyde et de l'alcool dans les milieux de culture.

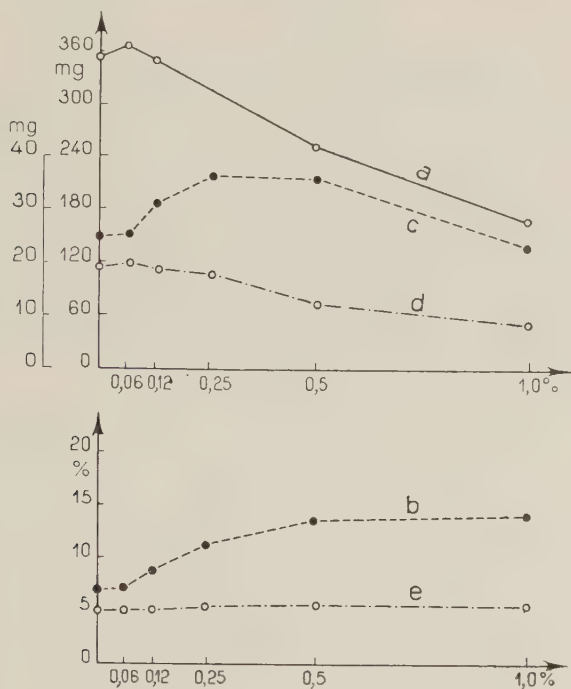
TABLEAU XVI (RAAF)

	CHAMP. SEC MG.	GRAISSE		AZOTE	
		p. 100	poids en mg.	p. 100	poids en mg.
Acétaldéhyde gazeux.....	284	14,8	42,0	5,4	8,05
Témoin.....	352	7,0	24,6	5,2	18,3

L'acétaldéhyde serait le terme du catabolisme des hexoses et des pentoses, qui serait le point de départ de la lipogénèse, et l'addition de dimédon ou de bisulfite de sodium aux milieux de culture restreindrait d'autant la lipogénèse en captant l'acétaldéhyde formé.

Raaf (1941) expérimente avec l'acétaldéhyde sous ses deux formes de vapeur et de solution

GRAPHIQUE 11



Poids sec, teneur en graisse et azote lors d'additions progressives d'acétaldéhyde en solution (*Endomyces vernalis*, Raaf 1943) ; en abscisse, la concentration en acétaldéhyde ; en ordonnée, les quantités en mg ; l'échelle de gauche se rapporte à la graisse et à l'azote ; l'ordonnée inférieure figure des pourcentages. *a*, champignon sec ; *b*, graisse brute en p. 100 ; *c*, graisse totale ; *d*, azote total $\times 6,25$; *e*, azote en p. 100.

La formation d'acides gras à partir des aldéhydes se trouve confirmée, en ce qui concerne l'acétaldéhyde, par :

- l'action du bisulfite de sodium et du dimédon ;
- le fait que Haehn et Kintoff auraient trouvé des traces d'acétaldéhyde et d'aldol dans des cultures d'*Endomyces vernalis* ;

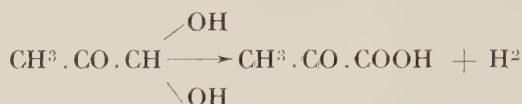
— les expériences de Reichel, de Raaf (voir graphique 11) ;

— le fait que les pentoses sont lipiformateurs.

Suivant Haehn et Kintoff :

— il y aurait d'abord scission d'une molécule d'hexose en deux molécules de méthylglyoxal hydraté ;

— il y aurait ensuite les réactions :



— aldolisation : $2 \text{CH}^3.\text{COH} \longrightarrow \text{CH}^3.\text{CHOH}.\text{CH}^2.\text{COH}$;

— déshydratation de l'aldol et formation d'aldéhyde crotonique :

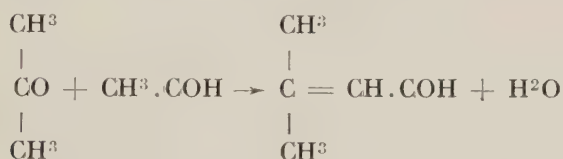
$\text{CH}^3.\text{CHOH}.\text{CH}^2.\text{COH} \longrightarrow \text{CH}^3.\text{CH} = \text{CH}.\text{COH}$, qui serait réduit et donnerait de l'aldéhyde butyrique : $\text{CH}^3.\text{CH}^2.\text{CH}^2.\text{COH}$, qui pourrait se condenser avec une nouvelle molécule d'acétaldéhyde en aldéhyde β hydroxycaproïque : $\text{CH}^3.\text{CH}^2.\text{CH}^2.\text{CHOH}.\text{CH}^2.\text{COH}$, qui donnerait après déshydratation de l'aldéhyde $\alpha\beta$ hexylénique : $\text{CH}^3.\text{CH}^2.\text{CH}^2.\text{CH} = \text{CH}.\text{COH}$, qui est réduit en aldéhyde caproïque : $\text{CH}^3.\text{CH}^2.\text{CH}^2.\text{CH}^2.\text{CH}^2.\text{COH}$;

— il y aurait de nouvelles condensations avec l'acétaldéhyde, de nouvelles déshydratations, de nouvelles réductions et on obtiendrait finalement des acides gras, de l'acide oléique notamment.

Reichel et Schmidt reprennent l'hypothèse de Haehn et Kintoff : il y a intervention d'aldolases et de déshydrases. Si l'acétaldéhyde s'est condensé en aldol, celui-ci est transformé en aldéhyde crotonique : $\text{CH}^3.\text{CH} = \text{CH}.\text{COH}$, qui, avec une nouvelle molécule d'acétaldéhyde, donne de l'hexadiénal : $\text{CH}^3.\text{CH} = \text{CH}.\text{CH} = \text{CH}.\text{COH}$. Il peut y avoir condensation de trois molécules d'hexadiénal avec déshydrogénation concomitante, pour aboutir à l'un des composés : $\text{CH}^3.(\text{CH} = \text{CH})^3.\text{COOH}$ ou $\text{CH}^3.(\text{CH}^2.\text{CH}^2)^3.(\text{CH} = \text{CH})^5.\text{COOH}$, à partir desquels se formeraient l'acide oléique, puis l'acide stéarique. Il pourrait y avoir aussi formation des deux acides précités par condensation de deux molécules d'aldéhyde $\alpha\beta$ hexylénique, avec une molécule d'hexadiénal. A partir de l'aldéhyde crotonique, ces auteurs envisagent la formation possible d'octatriénal, qui pourrait provenir également de la condensation d'une molécule d'hexadiénal avec l'acétaldéhyde : $\text{CH}^3.\text{CH} = \text{CH}.\text{CH} = \text{CH}.\text{COH} + \text{CH}^3.\text{COH} \longrightarrow \text{CH}^3.\text{CH} = \text{CH}.\text{CH} = \text{CH}.\text{CH} = \text{CH}.\text{COH}$. Par condensation de deux molécules d'octatriénal, il y aurait formation d'un acide précurseur de l'acide palmitique. Il y a une grande part d'hypothèse

dans les travaux de Reichel ; ce qui paraît le plus certain, c'est que *Endomyces vernalis* serait capable d'utiliser les aldéhydes précités ; les aldéhydes polyéniques supérieurs seraient directement oxydés en acides gras correspondants.

On ne saurait passer sous silence l'hypothèse de von Euler, Fischer et Loewenberg, suivant laquelle certains carotènes pourraient se former par condensation de molécules d'aldéhyde méthylcrotonique ; celui-ci serait formé par condensation d'une molécule d'acétone et d'une molécule d'acétaldéhyde :



Ce qui apparaît surtout le plus évident, c'est que, en aérobose, les processus de condensation paraissent très développés ; en anaérobose, dans la fermentation alcoolique, on ne rencontre qu'un seul produit de condensation de l'acétaldéhyde, l'acétylméthylcarbinol : $\text{CH}^3.\text{CO}.\text{CHOH}.\text{CH}^3$, qui par réduction pourrait donner, le 2,3 butylène glycol : $\text{CH}^3.\text{CHOH}.\text{CHOH}.\text{CH}^3$.

3. — Action sur la production d'alcool

Cas de la fermentation alcoolique

L'addition de dimédon ou de sulfite de soude à un milieu de fermentation permet de capter les aldéhydes et diminue d'autant la production d'alcool.

L'acétaldéhyde étant un point de départ de la synthèse de l'alcool éthylique et de celle des lipides, on comprend comment, sous l'effet de tensions en oxygène décroissantes à la lipogénèse, se substitue la production anaérobie d'alcool.

Mais l'acétaldéhyde est le point de départ de bien d'autres composés ; Gross et Werkman (1946) étudient notamment la destinée de l'acétaldéhyde marqué au carbone lourd et soumis à l'action du suc de levure actif ; ils démontrent que l'acétaldéhyde provient bien de la décarboxylation de l'acide pyruvique et que l'acétaldéhyde est utilisé dans ces conditions spéciales à la synthèse de l'acétylméthylcarbinol.

L'acétaldéhyde est donc un produit constant et ultime de la phase anoxybiotique du catabolisme des hexoses chez les champignons et sa destinée est réglée par les conditions de vie aérobie ou anaérobie, par les conditions de milieu et de culture.

Cas de la respiration intra-moléculaire

Ce qui vient d'être dit se trouve amplement démontré dans les expériences de Rippel et Wiangke (voir tableau XIV) sur *Sterigmatocystis nigra* ; il semble que le stade acétaldéhyde soit très éphémère et que cette substance, aussitôt englobée dans une réaction biochimique concomitante, ne soit que difficilement captée ; d'ailleurs, Bernhauer et Théler ont établi que, chez ce même champignon, l'utilisation de l'acétaldéhyde est plus importante en aérobiose ; en effet, c'est en aérobiose que l'on observe ces réactions de condensation portant sur deux ou plusieurs molécules d'acétaldéhyde simultanément, ce qui entraîne non seulement une augmentation du coefficient d'utilisation, mais un accroissement de la vitesse d'utilisation ; en augmentant la tension en oxygène, on diminue le rapport alcool formé/lipides formés (processus de condensation).

VII. — ACTION DES ACIDES ORGANIQUES

1. — Les diacides en C4

Il est un fait remarquable, c'est que les diacides en C4, dont on sait le rôle si important dans la desmolyse ou respiration cellulaire comme transporteurs d'hydrogène, ne sont pas décarboxylés en anaérobiose et ne sont guère lipoformateurs (Raaf). Cependant, l'acide succinique est constamment assimilable.

D'autre part, il y a excrétion d'acide succinique au cours de la fermentation alcoolique, et il se formerait à partir de l'acétaldéhyde suivant la réaction :



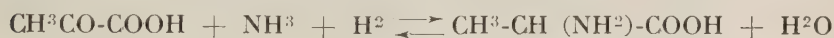
La synthèse s'opérerait à partir de deux molécules d'acide acétique, en aérobiose, chez la levure (Wieland).

Ainsi, l'acétaldéhyde dont on trouve tout au plus des traces dans les milieux de culture et qui est un produit du catabolisme des glycérides peut subir des destinées diverses : réduction et formation d'alcool, oxydation et formation d'acide acétique, condensation et formation soit d'acide succinique, d'acétylméthylcarbinol, soit, en aérobiose, d'acides gras. Ces synthèses s'opposent à une accumulation d'acétaldéhyde produit au cours du catabolisme des glycérides. En aérobiose, le système desmolytique fonctionnant, l'acide succinique formé sera mis en service et ne sera pas excrété ; le système

desmolytique fonctionnant pour une concentration relative et constante en diacides, de sorte que le potentiel d'oxydo-réduction cellulaire soit lui-même maintenu à une valeur fixe, l'excès d'acétaldéhyde provenant du catabolisme des glycéides sera utilisé pour la formation de lipides. *En anaérobiose, il pourra y avoir formation d'acide succinique chez ces organismes en réalité aérobies, mais l'acide succinique ne remplissant plus son rôle dans un système desmolytique ou respiratoire cellulaire sera excrété.*

2. — L'acide pyruvique

L'acide pyruvique, produit constant du catabolisme des glycéides tant en aérobiose qu'en anaérobiose, peut être décarboxylé ; mais il intervient aussi dans d'autres réactions biochimiques ; c'est ainsi que Fromageot et Desnuelle ont particulièrement étudié, au cours de la fermentation alcoolique, l'équilibre :



L'acide pyruvique intervient dans les réactions couplées de la transamination (Braunstein et Kritzmann) dont l'étude, à notre connaissance, n'a pas été faite chez les champignons ; il intervient encore dans toute une série de réactions que nous ne citerons pas.

L'addition de craie au moût de fermentation provoque une fermentation déviée et une accumulation de pyruvate de calcium insoluble.

Le rôle de l'acide pyruvique en aérobiose et dans les synthèses est discuté :

Meyerhof (1925) démontre que, comme pour le méthylglyoxal ou aldéhyde pyruvique, son addition augmente la respiration de la levure.

La question se pose de savoir si, dans la célèbre théorie des resynthèses de Meyerhof, resynthèses dues à l'intervention de l'oxygène, les synthèses ne s'opèrent pas plutôt à partir de l'acide pyruvique et de l'acétaldéhyde, sans que l'on ait à passer par le stade acide lactique dans la contraction musculaire, par le stade alcool dans la fermentation alcoolique du moment que l'oxygène intervient et restreint d'autant la formation de ces substances, à moins que l'on n'admette une formation rapide du glycogène à partir de l'acide lactique au cours de la contraction musculaire, une synthèse rapide du glycose à partir de l'alcool dans la réaction de Pasteur ; dans le cas de la fermentation alcoolique, la croissance inconstante et lente en présence d'alcool éthylique et

la diversité des synthèses à partir d'une seule et même substance en présence d'oxygène s'opposent à la conception de Meyerhof des resynthèses. Enfin, l'acide pyruvique est aussi bien glycoformateur que lipoformateur.

Raaf discute l'hypothèse suivante : est-ce que, chez *Endomyces vernalis*, l'acide pyruvique ne joue pas un rôle aussi grand dans la lipogénèse que l'acétaldéhyde ? Il procède de la manière que nous

TABLEAU XVII (RAAF)

	ADDITION SECONDAIRE DE	CHAM- PIGNON SEC	GRAISSE BRUTE		AZOTE		SUCRE NON UTILISÉ	AZOTE EN AM- MONIAQUE EN SOLUTION
			%	mg.	%	mg.		
A ₁		364	6,55	23,6	5,45	19,8	28,9	
A ₂	Eau dist.	344,5	5,80	20,0	5,46	18,8	0,0	1,23/0,99
A ₃	Sucre	392	6,1	24,0	5,12	12,0	0,0	0,21/0,19
A ₄	Ac. pyruvique	368	8,85	32,6	5,35	19,7	0,0	0,23/0,30
B ₁		344	5,90	20,3	5,57	19,2	0,0	—
B ₂	Eau dist.	338	3,90	13,4	5,34	17,9	0,0	—
B ₃	Sucre	375	5,95	20,2	5,44	20,05	0,0	—
B ₄	Ac. pyruvique	350	7,25	25,5	5,31	18,5	0,0	—
C ₁		320	5,30	17,5	5,66	18,7	0,0	—
C ₂	Eau dist.	281	5,13	14,4	5,32	15,1	0,0	—
C ₃	Sucre	318	4,67	14,9	5,63	17,9	0,0	—
C ₄	Ac. pyruvique	314	5,30	16,6	5,50	17,2	0,0	—

avons déjà indiquée (p. 305) et répartit ses expériences en trois groupes :

Groupe A réparti en trois lots de boîtes de Pétri ; lot A1, récolte et analyse de deux boîtes au bout de huit jours ; lot A2, addition, au bout de huit jours, à deux boîtes de cinq cc. d'eau distillée stérile ; lot A3, addition, au bout de huit jours, à deux boîtes de cinq cc. d'une solution à 2 % de sucre de canne ; lot A4, addition, au bout de huit jours, à deux boîtes de cinq cc. d'une solution à 2 % d'acide pyruvique ; pour A2, A3, A4, récolte au 11^e jour.

Raaf procède, d'une façon analogue, pour les groupes B et C ; pour B1, récolte au 13^e jour ; pour B2, B3, B4, récolte au 17^e ; pour C1, récolte au 16^e jour ; pour C2, C3, C4, récolte au 20^e.



Ainsi, dans les conditions de l'expérience, milieu déséquilibré

par emploi de la solution type Wöltje ; l'acide pyruvique est lipiformateur chez *Endomyces vernalis*. Raaf compare ce pouvoir lipiformateur à celui du sucre de canne.

(La peptone utilisée par Raaf contient 16,55 % d'azote, valeur moyenne de deux analyses).

Le pourcentage de graisse brute obtenu avec l'acide pyruvique est incontestablement plus élevé ; cette expérience met aussi en

TABLEAU XVIII (RAAF)

RECHERCHES 	b	c	d
SUBSTRAT 	Ac. pyruvique + peptone	Peptone seule	Sucre de canne + peptone
Poids humide (5 boîtes).....	630 mgr.	224 mgr.	—
Poids sec (10 boîtes).....	210 mgr.	98 mgr.	451 mgr.
Graisse brute en % dans le champignon sec.....	10,1	4,2	5,95
Graisse en mgr.....	21,2	4,12	26,8
Azote en % dans le champi- gnon sec.....	5,3	8,0	6,35
Azote en mgr.....	11,1	7,9	28,6

relief le pouvoir lipiformateur relativement modéré du saccharose dans les conditions de l'expérience.

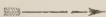
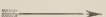
Indiquons que l'action antidécarboxylante de l'acide γ quinoléine pyruvique, sous sa forme de sel de sodium, à l'égard de l'acide pyruvique, découverte par G. Minard (1938), constituera un élément certainement important pour le contrôle des destinées de l'acide pyruvique, comme les inhibiteurs de fermentation ont permis à d'autres auteurs, notamment Meyerhof, d'établir le schéma du catabolisme des glycéides. Minard précise ce fait intéressant que l'acide γ quinoléine pyruvique peut présenter une forme énolique comme l'acide pyruvique, quoique non décarboxylable comme ce dernier par le jus de macération de levure ; on retrouve encore ici ce problème si important qui concerne les rapports entre structure, réactivité et propriétés physiologiques des substances chimiques.

3. — Acide lactique

L'acide lactique, autre acide en C3, est également lipoformateur comme, peut-être dans d'autres conditions et suivant les organismes, il pourrait être glycoformateur, car il serait constamment assimilé, comme nous l'avons constaté, en aérobiose, par les levures, alors qu'il n'est pas fermentescible.

Raaf étudie la valeur lipofomatrice de l'acide pyruvique chez *Endomyces Vernalis* ; il utilise, comme à l'habitude, la solution déséquilibrée de Wöltje, en substituant cette fois à l'asparagine l'urée 1/2 %, en ajoutant au bout de trois jours un nouveau milieu :

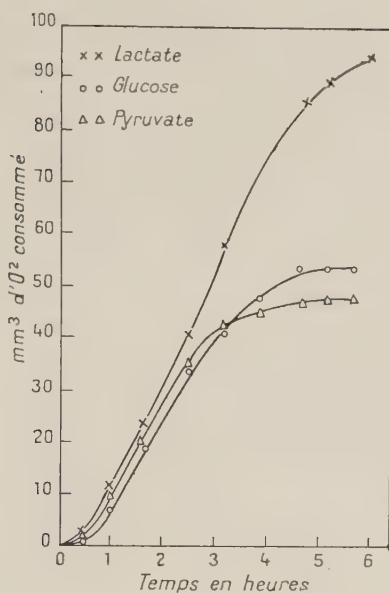
TABLEAU XIX (RAAF)

ESSAIS 	a	b	c	d	e
Milieu II ajouté secondairement 	—	—	Eau dist.	Lactate de Na + lactate d'Amm.	Acide lactique
Date de récolte (jours).....	3	7	7	7	7
Champignon sec (mgr.).....	291	330	280	290	284
Graisse brute en % ds ch. sec.	20,6	23,6	8,3	27,3	26,3
Graisse brute en mgr.....	60,0	77,8	51,4	81,1	74,4
Azote total en % ds ch. sec...	3,30	3,36	3,4	3,95	3,40
Azote total en mgr.....	9,63	11,1	9,60	11,4	9,65
Sucre restant du milieu I....	24	25,0	—	—	—

Bernheim (1942) démontre que la consommation d'oxygène est considérablement plus élevée en présence de lactate que de glucose ou pyruvate chez *Blastomyces dermatitidis*, ce qui tend à confirmer encore les liens étroits entre l'importance de la respiration et celle de la lipogénèse.

Cette augmentation de la consommation d'oxygène est probablement liée à la nécessité de la déshydrogénation préalable de l'acide lactique.

Certains champignons, notamment des *Rhizopus*, peuvent excréter de l'acide lactique.



GR. 12. — *Blastomyces dermatitidis*. (D'après BERNHEIM).

4. — Acide acétique

L'acide acétique est tantôt glycoformateur, tantôt lipoformateur, suivant les conditions de milieu et de culture. Il est constamment assimilable par les levures, soit sous forme d'acide, soit sous forme de sel.

S'il est assimilable, il représente dans d'autres circonstances un produit d'excrétion.

Genévois confirme les résultats de C. Neuberg, suivant lesquels la production d'acide acétique augmente avec l'élévation du pH au cours de la fermentation (ainsi que le glycérol et le butylène glycol), tandis que l'excrétion d'acide succinique diminue (voir page 301). L'acide acétique et l'acide succinique se forment à partir de l'acétaldéhyde en anaérobiose (H. Wieland) ; on doit considérer l'excrétion d'acide acétique comme ayant la même signification physiologique que celle de l'acide succinique.

TABLEAU XX (d'après CUSTERS)
Brettanomyces claussenii, milieu phosphates-alcool.

TEMPS EN HEURES	EN MILIEU ALCOOL ÉTHYLIQUE				SANS SUBSTRAT	
	Consomm. d'O mm ³	Production de CO ² mm ³	Q. R.	QO ²	Consomm. d'O mm ³	Production de CO ² mm ³
I. pH 6,4 30°C 5 mg. 44 de levure sèche par flacon						
1.....	175	0	0	32,2	54	
2.....	166	0	0	30,5	38	
3.....	167	0	0	30,7	27	
4.....	171	0	0	31,4	26	
5.....	173	0	0	31,8	20	
Total..	852	0			162	
II. pH 4,35 30°C 6 mg. 08 de levure sèche par flacon						
1.....	186	15	0,08	30,6	45	37
2.....	175	5	0,03	28,8	31	30
3.....	185	11	0,06	30,4	26	28
4.....	212	14	0,07	34,9	25	25
5.....	241	72	0,37	39,6	16	21
6.....	249	13	0,37	40,6	14	15
Total....	1.248	210			157	156
III. pH 3,77 30°C 5,76 mg. de levure sèche par flacon						
1.....	183	0	0	31,8	32	
2.....	186	0	0	32,3	7	
3.....	202	47	0,23	35,1	0	
4.....	211	110	0,52	36,6	0	
5.....	216	160	0,74	37,3	0	
6.....	230	193	0,84	39,9	0	
Total.....	1.228	510			39	
IV. Comparaison des résultats						
	pH 6,40		pH 4,35		pH 3,77	
	CO ² /O ²	QO ²	CO ² /O ²	QO ²	CO ² /O ²	QO ²
1.....						
2.....	0	32,2	0,08	30,6	0	31,8
3.....	0	30,5	0,03	28,8	0	32,3
4.....	0	30,7	0,06	30,4	0,23	35,1
5.....	0	31,4	0,07	34,9	0,52	36,6
6.....	0	31,8	0,30	39,6	0,74	37,9
			0,57	40,6	0,84	39,9

TABLEAU XXI (d'après CUSTERS)

Saccharomyces cerevisiæ (HANSEN) souche DELFT I en milieu phosphates-alcool.

TEMPS N HEURES	SUBSTRAT ALCOOL ÉTHYLIQUE				SANS SUBSTRAT	
	Consomm. d'O en mm ³	Production de CO ² en mm ³	Q.R.	Q ^{o2} .	Consomm. d'O ² en mm ³	Production de CO ² en mm ³
I. pH 6,4 30° C 2 mg. 56 de levure sèche par flacon						
1.....	16	38	0,2	68,8	40	
2.....	163	74	0,45	63,7	25	
3.....	172	91	0,53	67,2	18	
4.....	188	115	0,61	73,4	13	
5.....	162	92	0,57	63,3	14	
Total....	861	410			110	
II. pH 4,35 30° C 2 mg. 72 de levure sèche par flacon						
1.....	188	54	0,29	69,1	83	68
2.....	159	76	0,48	58,5	29	28
3.....	150	81	0,54	55,1	20	23
4.....	150	88	0,59	55,1	23	14
5.....	151	91	0,60	55,5	17	14
6.....	147	95	0,65	54,0	15	13
Total....	945	485			187	160
III. pH 3,77 30° C 2 mg. 7 de levure sèche par flacon						
1.....	200	50	0,25	73,5	105	
2.....	176	99	0,56	64,7	58	
3.....	174	104	0,59	64,0	34	
4.....	179	117	0,65	65,8	19	
5.....	175	114	0,65	64,3	15	
6.....	191	142	0,74	70,2	10	
Total....	1.095	626			241	
IV. Comparaison des résultats précédents						
	CO ² /O ² pH 6,40 Q ^{o2}		CO ² /O ² pH 4,35 Q ^{o2}		CO ² /O ² pH 3,77 Q ^{o2}	
1.....	0,22	68,8	0,29	69,1	0,25	73,5
2.....	0,45	63,7	0,48	58,5	0,56	64,7
3.....	0,57	67,2	0,54	55,1	0,59	64,0
4.....	0,61	73,4	0,59	55,1	0,65	65,8
5.....	0,57	63,3	0,60	55,5	0,65	64,3
6.....			0,65	54	0,74	70,2

Custers constate que les levures du genre *Brettanomyces* excrètent, en aérobiose et en présence de craie, de l'acide acétique, que le substrat soit un glycide ou l'alcool éthylique.

L'excrétion d'acide acétique manque en milieu acide et elle constitue une manifestation du pouvoir tampon cellulaire chez les levures.

On peut aussi conclure, toutes autres conditions étant égales, que le potentiel d'oxydo-réduction cellulaire de *Brettanomyces* se trouve être inférieur à celui de *Saccharomyces cerevisiæ* en aérobiose, puisqu'il produit en aérobiose de l'acide acétique (voir aussi tableau XII).

En se rangeant aux conceptions de Wieland, on voit que l'acide acétique est un système intermédiaire pouvant régler les rapports de fonctionnement entre le système catabolique des glycides et le système desmolytique. Le pouvoir tampon cellulaire est destiné avant tout, en aérobiose, à régler et à protéger le fonctionnement du système desmolytique. Cette conception nouvelle dépasse le cadre des constatations faites chez les seuls champignons.

5. — Autres acides organiques

L'acide oxalique peut être assimilé par *Endomyces vernalis* (Raaf) et servir à la lipogénèse. L'acide oxalique n'est qu'inconstamment assimilé par les champignons ; il l'est, dans des conditions particulières, par *Sterigmatocystis nigra* (Sakamaru, 1927).

Ainsi, si l'assimilation, notamment par des levures, des acides organiques suivants : diacides en C4, acide pyruvique, acide lactique, acide acétique et acide citrique nous a paru constante dans tous les cas étudiés, par contre celle des acides oxalique, tartrique, butyrique, nous a paru varier.

Il en est de même des acides gras les plus divers, et ces différences dans les assimilations pourront avoir leur importance dans la détermination des genres et espèces. Ainsi, Raaf a établi que *Endomyces vernalis* assimile l'acide oléique, mais n'assimile ni l'acide stéarique, ni l'acide palmitique. Nous avons établi que *Rhodotorula rubra* assimile acide oléique, acide palmitique, ricinoléate de sodium, sulforicinate d'ammonium ; en présence d'acide oléique, il y a formation abondante de carotènes, persistance indéfinie de la pigmentation et constitution d'enclaves lipidiques énormes (Luteraan et Choay) ; en présence de sulforicinate d'ammonium, la coloration n'est jamais intense et la décoloration précoce. Les cultures sur milieux contenant des lipides semblent donc modifier la teneur en insa-

ponifiable des organismes, et nous avons rapproché notre observation de celles de Terroine, Bonnet, Kopp et Véchet, selon lesquelles *Stenigmatocystis nigra* cultivé sur les corps gras les plus variés se montre beaucoup plus riche en stérols que lorsqu'il se développe sur milieu glycosé ou simplement peptoné ; on ne peut cependant déduire de ces observations que les éléments d'insaponifiable se forment à partir des lipides.

6. — Acides organiques, lipogénèse et production d'alcool

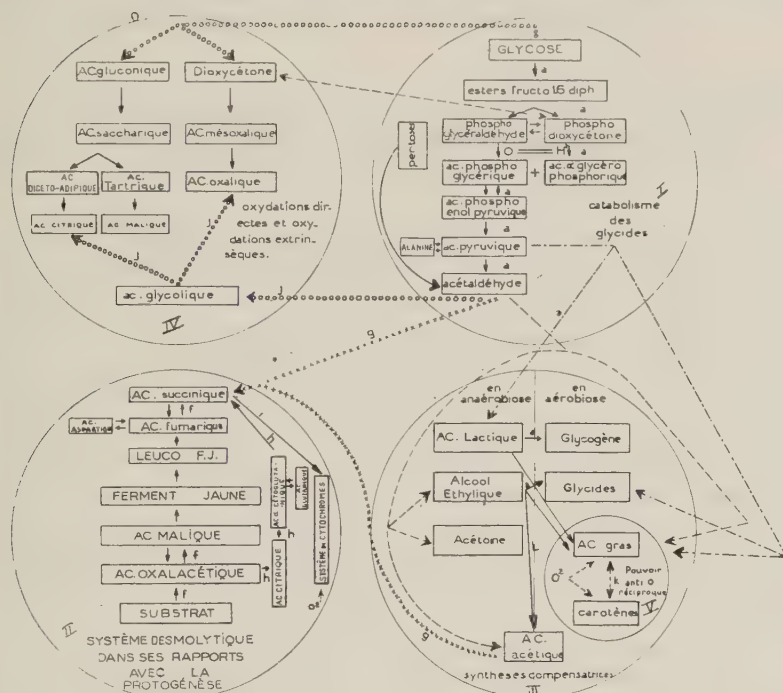


FIG. 3. — NOTE EXPLICATIVE. — Ce schéma tente d'exposer les rapports entre :
 — système catabolique des glucides ;
 — système desmolytique ;
 — synthèses faisant équilibre soit au seul catabolisme des glucides (toujours en anaérobiose), soit au catabolisme des glucides et au système desmolytique.

1° Catabolisme des glycérides. — On admet généralement que le système catabolique des sucres est le même en aéro- et en anaérobiose, suivant les conceptions de Meyerhof. Il semble cependant qu'en anaérobiose, la part des processus de dismutation soit plus grande et, qu'en aérobie, celle des déshydrogénations et transferts

catalytiques d'hydrogène soit plus élevée au cours du catabolisme des glycides (production possible d'acide gluconique, liée à une glycolyse déshydrase, synthèse du mannitol en aérobiose, etc...).

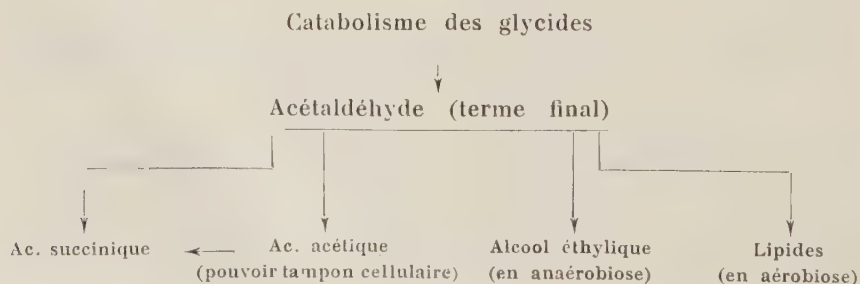
Toutefois, on doit continuer à individualiser un système catabolique des glycides, dont le terme ultime est l'acétaldéhyde. Les étapes intermédiaires en ont été établies par Meyerhof, grâce à des méthodes biochimiques : isolement de diastases, inhibition d'actions diastasiques, capter les produits formés sous forme de sels insolubles ou de composés d'addition ; actuellement, l'étude du catabolisme des produits intermédiaires a fait de nouveaux progrès grâce à l'emploi d'éléments marqués.

2° Système desmolytique. — Aujourd'hui, on ne conçoit plus la respiration comme une oxydation, mais comme une série de processus de déshydrogénation, suivant la conception de H. Wieland, l'oxygène n'étant qu'un accepteur d'hydrogène, le plus important certes, mais particulier.

On ne considère pas non plus la respiration comme simplement un complément au catabolisme des glycides, aboutissant à la production finale d'eau et de gaz carbonique.

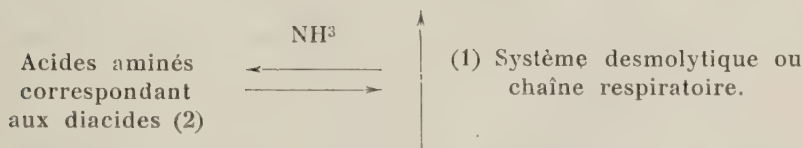
Le système desmolytique, à la suite des travaux de H. Wieland, de Szent-Györgii, de Krebs *et alii*, doit être envisagé comme l'ensemble des processus de déshydrogénation et de transfert catalytique de l'hydrogène ; c'est le système respiratoire cellulaire. En effet, la variété et l'importance des processus de déshydrogénation en aérobiose sont évidentes ; en anaérobiose, les alcools ne peuvent être utilisés, l'acide lactique ne peut être déshydrogéné, les nitrates ne peuvent servir d'accepteur d'hydrogène, même pour les levures qui assimilent ces substances. L'oxygène agit donc en provoquant et en stimulant les processus de déshydrogénation.

3° Rapports entre catabolisme des glycides et desmolyse. — On peut les schématiser ainsi d'après certaines données fournies par H. Wieland :



L'acide acétique augmente avec l'alcalinité du milieu, tandis que la production d'acide succinique diminue dans ces conditions ; ces deux substances sont excrétées en anaérobiose par les levures, telles que *Saccharomyces cerevisiae*, qui sont en réalité des organismes aérobies ; on voit immédiatement comment le pouvoir tampon cellulaire intervient dans le fonctionnement du système desmolytique, en comparant ces faits avec ceux observés par Custers chez les *Bretanomyces* qui n'excrètent d'acide acétique qu'en aérobiose.

4° Rapports entre desmolyse et protéogénèse. — On peut les schématiser ainsi :



S'il y a activité accrue le long de la chaîne respiratoire (1), les réactions secondaires (2) greffées le long de cette chaîne et représentées par les équilibres entre diacides et acides aminés correspondants se déplacent en faveur de la production de diacides ; il en est de même s'il y a déséquilibre azoté. Il y a, dans ce cas, comme l'a démontré Raaf, en employant la permutite comme milieu adsorbant, diminution de la tension en ammoniacque cellulaire ; le déplacement de l'équilibre s'effectue forcément de gauche à droite. *On remarquera que les acides aminés indiqués sur ce schéma, acide glutamique et acide aspartique, sont précisément ceux qui, selon Braunstein et Kritzmann, peuvent être le point de départ de transaminations.* Une autre explication est valable en ce qui concerne l'action de la tyrosine sur la respiration ; nous avons pu démontrer que son action était antagoniste de celle de la cystéine chez les levures ; ainsi, il est infiniment probable qu'elle agit sur le groupement sulfhydryle présent dans de nombreuses diastases, notamment la succino-déshydrase.

5° Les synthèses compensatrices. — Les rapports entre catabolisme des glycéides et desmolyse se trouvant précisés, on peut se demander pourquoi, en aérobiose, le taux de consommation des glycéides est limité (voir p. 279 et tableau II). Evidemment, il y a, en aérobiose, dégradation plus complète des sucres jusqu'au stade eau et gaz carbonique ; mais les actions cataboliques doivent être compensées, équilibrées par certaines synthèses. En anaérobiose, c'est surtout la synthèse de l'alcool qui fait équilibre

au catabolisme des glycéides ; en aérobiose, celle du glycogène et celle des lipides principalement. *On remarque que la lipogénèse fait non seulement équilibre au catabolisme des glycéides en réglant leur taux de consommation, mais encore fait équilibre au système desmolytique*, la synthèse de corps très réduits paraissant elle-même s'accompagner de processus de déshydrogénation, conformément à l'équation de Magnus-Lévy.

6° Les actions antioxygène (V). — Finalement, les lipides sont excrétés sous forme d'enclaves les plus importantes dans les cellules âgées ou mortes ; ainsi, la cellule paraît rejeter des substances autoxydables ; dans d'autres cas, elle freine cette autoxydabilité par le pouvoir antioxygène réciproque des lipides et des carotènes.

7° Cas des « fermentations » fumarique, citrique. — La production de diacides peut être excessive. De même qu'il peut y avoir excrétion d'acide acétique ou d'acide succinique au cours des fermentations, de même, il peut y avoir, dans des conditions d'aération physiologiques, excrétion soit d'acide fumarique (*Rhizopus nigricans*, *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus oryzae*, *Aspergillus niveus*), et avec intervention d'une succino-déshydrase, soit d'acide citrique (*Citromyces glaber*, *Citromyces pfefferianus*, *Penicillium luteum*, *Mucor piriformis*, etc...). Ces faits ont été étudiés par Bernhauer en particulier. Nous n'hésitons pas à les qualifier d'*activité desmolytique à rebours*.

VIII. — ACTION DES SUBSTANCES AZOTÉES

1. — Influence de la nature de la substance azotée sur la production d'alcool et sur la lipogénèse

En présence d'oxygène, le produit principal de la décomposition des protéines est l'asparagine, alors que la leucine et la tyrosine sont peu abondantes ; en l'absence d'oxygène, c'est l'inverse (*in Wattiez et Sternon, 1942*).

Béraud (1939) prélève de la levure de boulangerie cultivée sur un milieu synthétique, renfermant la substance azotée, dont il veut étudier l'action sur la respiration, la fermentation anaérobie, la production aérobie de gaz carbonique (1) ; après lavage à deux repri-

(1) Nous préférons le terme de production aérobie de gaz carbonique à celui de fermentation aérobie, car à notre avis les causes de la décarboxylation et son mécanisme peuvent différer en aérobiose et en anaérobiose, la cause essentielle et presque exclusive de la production de gaz carbonique en anaérobiose étant la décarboxylation de l'acide pyruvique au cours de la fermentation alcoolique.

ses de la levure, il la place dans une solution à 1 % de glycose et 5 ‰ de phosphate monopotassique (pH 4,4) (tableau XV).

TABLEAU XXII (BÉRAUD)

RESPIRATION		FERMENTATION ANAÉROBIE		PRODUCTION AÉROBIE DE GAZ CARBONIQUE	
Caséine.....	47	Succinate d'amm...	83	Asparagine.....	15
l-leucine.....	44	Asparagine.....	82	Urée.....	13
l-tryptophane.....	41	Sulfate d'amm.....	81	Caséine.....	12
Sulfate d'ammonium....	41	l-proline.....	80	Ac. aspartique...	9
Tyrosine.....	40	Caséine.....	75	Glycocolle.....	6
Succinate d'amm...	37	l-leucine.....	72	Sulfate d'amm...	5
Ac. aspartique.....	37	d-alanine.....	69	Succin. d'amm...	4
l-proline.....	37	d-arginine.....	64	d-alanine.....	4
Asparagine.....	36	Glycocolle.....	63	l-proline.....	2
d-arginine.....	36	d-lysine.....	58	l-tryptophane...	2
Urée.....	36	Ac. aspartique.....	57	Tyrosine.....	1
d-alanine.....	35	Urée.....	55	d-l-histidine.....	1
d-l-histidine.....	34	d-l-histidine.....	52	d-arginine.....	0
Glycocolle.....	31	l-tryptophane.....	46	d-lysine.....	0
d-lysine.....	27	Tyrosine.....	44	l-leucine.....	0

La leucine ajoutée à un moût en fermentation accroît la production de fusel (alcools supérieurs qui proviendraient d'acides aminés) ; ainsi, la tyrosine donnerait du tyrosol, l'isoleucine de l'alcool isoamylique.

Raaf, avec *Endomyces vernalis*, obtient le résultat suivant, en considérant l'équivalence azotée (graphique 7).

Enfin, il n'y a pas de rapport entre l'action si particulière de la leucine, de la tyrosine et du tryptophane sur la respiration et la production de corps gras, et l'assimilabilité de ces acides aminés ; cette action existe, que ces substances soient assimilables ou non, et elle est générale chez les champignons.

Il est intéressant de comparer ces données avec les observations faites sur des organismes autres que les champignons :

— l'asparagine tend à s'accumuler chez certains végétaux dans des organes divers en aérobiose ;

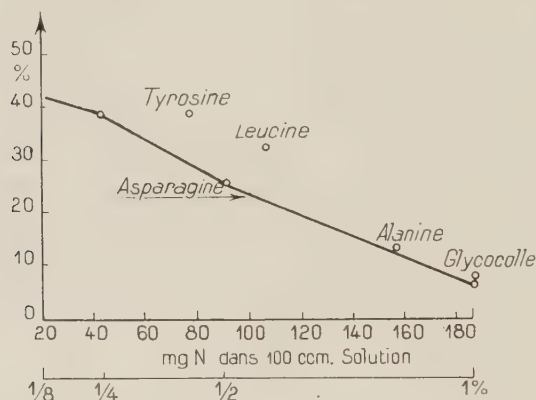
— avec *Pseudomonas æruginosa*, Burton, Eagles et Campbell (1947) ont noté que l'adjonction de l-leucine, aux milieux contenant du glycocolle ou de la d. l-alanine, augmente notablement la forma-

tion, toujours aérobie, de pyocyanine que sont encore capables de provoquer la d-valine et la l-tyrosine.

D'autre part, les Dématiées présentent un pigment fuligineux que nous avons caractérisé histochimiquement comme des mélanines ; on sait le rôle important que fait jouer Raper (1927) à la tyrosine dans la genèse des mélanines.

Certains antibiotiques, tels que la gramicidine et la tyrocidine (*Bacillus Brevis*) se trouvent renfermer en assez grande proportion les acides aminés suivants (Gordon, Martin et Synge, 1943). Par exemple, ces auteurs ont trouvé dans la gramicidine (en molécules) :

GRAPHIQUE 13 (RAAF)



6 d-leucine, 3 d-valine, 2 l-valine, 6 l-tryptophane, 3 l-alanine, 2 glycocolle, 2 éthanolamine. Ce polypeptide, qui contient donc certains acides aminés dits non naturels, est riche en leucine, tryptophane.

Toutes ces constatations expérimentales méritaient d'être confrontées. On peut tirer de ces confrontations les conclusions suivantes :

1° les substances azotées agissent sur la respiration et la fermentation par leur nature propre, à condition d'observer expérimentalement la règle de l'équivalence azotée ;

2° Les acides aminés qui favorisent la respiration sont ceux qui favorisent la lipogénèse ; ceci prouve encore indirectement l'influence de l'aérobiose sur la lipogénèse, de même que l'aérobiose exerce son action sur la production de pigments ou d'antibiotiques ;

3° parmi les acides aminés, ayant l'action la plus caractérisée en aérobiose, on trouve la leucine, la tyrosine, le tryptophane ; on pourrait les appeler *acides aminés à haut potentiel*, car, à valeur

égale d'azote, ils agissent comme s'ils tendaient à élever le potentiel d'oxydo-réduction cellulaire, d'une façon comparable à une augmentation de la pression partielle en oxygène ;

4° Une question se pose enfin : Y a-t-il modification de la protéogénèse du fait de l'emploi de telle ou telle substance azotée ? Raaf emploie divers acides aminés non plus à équivalence azotée, mais à même concentration, et obtient les résultats suivants avec *Endomyces vernalis* :

TABLEAU XXIII (RAAF)

ACIDE ANIMAL	POIDS SEC du ch. en mg.	GRAISSE		AZOTE		pH INITIAL	pH FINAL
		p. 100	poids en mg.	p. 100	poids en mg.		
Glycocolle.....	372	8,7	32,4	6,2	23,2	5,25	6,55
Alanine.....	342	13,5	46,1	6,1	21,0	5,05	5,95
Tyrosine.....	151	38,2	56	2,5	23,8	4,5	2,91
Leucine.....	135	32,5	43,1	4,1	5,5	4,7	3,6

Les différences obtenues relèvent ici principalement d'un facteur examiné plus loin : le déséquilibre azoté beaucoup plus important, à même concentration, avec la leucine et la tyrosine.

Fink et Just recherchent des modifications de la teneur en acides aminés des protéines de *Torulopsis utilis* cultivé sur milieux très différents ; ils n'en trouvent pratiquement pas. Les acides aminés à haut potentiel seraient surtout utilisés à l'édification de catalyseurs respiratoires.

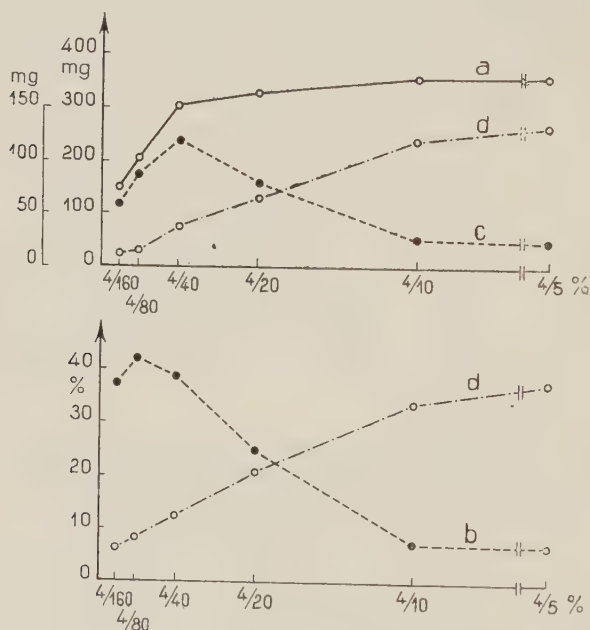
L'ensemble des considérations précédentes ne présente pas qu'un intérêt théorique ; il doit guider le choix et la confection des milieux de culture, soit pour la détermination, soit en vue de la production de lipides, de pigments ou d'antibiotiques.

2. — Action du déséquilibre azoté

Terroine et ses collaborateurs ont bien établi l'influence du déséquilibre azoté sur la lipogénèse, sous l'effet d'une augmentation croissante de la concentration en glycérides ; mais ce sont Heide, puis Raaf qui, les premiers, étudient la question sous son aspect véritable : un élément doit rester constant, c'est précisément cette concentration en glycérides ; ce qui doit varier, c'est la concentration en

azote du milieu. Ainsi, une diminution de la concentration en azote du milieu accroît la lipogénèse, tandis qu'une augmentation de cette concentration accroît la protéogénèse, de sorte que les deux courbes se croisent ; c'est ce qu'indique le graphique suivant dû à Raaf et c'est ce que les travaux antérieurs de Heide avaient déjà établi.

GRAPHIQUE 14 (RAAF)



En abscisse, la concentration en urée. L'ordonnée supérieure figure des poids, l'ordonnée inférieure des pourcentages.

a, champignon sec ; b, graisse brute en p. 100 ; c, graisse totale en mg ; d, azote total $\times 6,25$.

Cette action d'un déséquilibre azoté qui favorise la lipogénèse est absolument générale et se retrouve chez les champignons les plus divers (Raaf) (tableau XXIV).

Cette variation inverse existe dans d'autres cas ; Fink, Haeseler et Schmidt étudient l'influence de l'âge des cultures chez *Geotrichum candidum* cultivé sur petit lait ; il y a variation, en sens opposé, avec le temps, de la teneur en protéides et de celle en lipides. Culture sur 250 cc. de petit lait (tableau XXV).

TABLEAU XXIV (RAAF)

N°	ORGANISME	MILIEU DE WÖLTJE	CHAM- PIGNON SEC	GRAISSE		AZOTE	
				p. 100	Poids en mg.	p. 100	Poids en mg.
1..	<i>Geotrichum candidum</i>	+ 1/1 asparagine	472,0	3,60	16,40	6,40	30,20
2..	»	+ 1/1 »	534,0	3,10	16,60	6,29	33,55
3..	»	+ 1/8 »	250,0	14,40	35,90	2,10	5,25
4..	»	+ 1/8 »	281,0	9,40	26,60	2,80	7,90
5..	<i>Zygorhynchus moelleri</i>	+ 1/1 »	88,5	4,25	3,98	6,15	5,44
6..	»	+ 1/8 »	84,5	32,00	27,10	3,51	2,96
7..	<i>Pichia farinosa</i>	+ 1/1 »	177,5	3,59	4,08	7,08	12,55
8..	»	+ 1/8 »	97,0	7,90	7,66	3,0	2,90
9..	<i>Hansenula anomala</i>	+ 1/1 »	385,0	4,82	18,50	5,78	22,20
10.	»	+ 1/8 »	364,5	16,90	61,50	2,59	9,45
11.	<i>Torulopsis utilis</i>	+ 1/1 »	1041,0	7,46	77,70	7,0	72,90
12.	»	+ 1/8 »	639,0	14,40	91,50	3,50	22,30
13.	<i>Sterigmatocystis nigra</i>	+ 1/1 »	770,0	3,20	56,60	4,27	75,50
14.	»	+ 1/1 »	179,0	4,80	86,00	4,29	72,00
15.	»	+ 1/8 »	529,0	6,40	33,80	2,55	13,28
16.	»	+ 1/8 »	490,0	6,15	30,2	2,55	12,48
17.	<i>Penicillium glaucum</i>	+ 1/1 »	1572,0	4,10	64,40	5,13	80,50
18.	»	+ 1/1 »	1482,0	4,30	63,60	5,23	78,00
19.	»	+ 1/8 »	564,0	11,80	66,50	3,60	20,20
20.	»	+ 1/8 »	576,0	9,70	56,00	3,60	20,30

Ce qui démontre le mieux la spécificité d'action du déséquilibre azoté, c'est le fait que, sous son influence, les différences entre le pouvoir lipoformateur des sucres et polyalcools disparaît (Heide)

Le déséquilibre azoté tend donc à élever le potentiel d'oxydo-réduction cellulaire, ce qui a encore pu être démontré autrement.

La protéogénèse étant faible en anaérobiose, le rôle d'un déséquilibre azoté ne se manifeste pas ; cependant, même dans ces conditions, il est des levures plus exigeantes en apport de substances azotées que d'autres.

TABLEAU XXV (FINK, MAESELER et SCHMIDT)

AGE DES CULTURES EN JOURS	MYCÉLIUM SEC	AZOTE EN P. 100 DU HAMP. SEC	PROTÉINES BRUTES EN P. 100 DU CHAMP. SEC	GRAISSES BRUTES EN P. 100 DU CHAMP. SEC	GRAISSE EN MG.
2.....	1,777	5,40	33,75	7,5	0,133
3.....	3,238	3,32	20,75	10,8	0,349
4.....	3,968	3,15	19,69	13,4	0,531
5.....	4,771	2,98	18,62	16,7	0,796
6.....	5,729	2,81	17,56	22,5	1,290
7.....	6,147	2,76	17,25	22	1,352
12.....	5,886	2,85	17,81	19,6	1,152
16.....	5,710	3,15	19,69	16,6	0,948

TABLEAU XXVI (HEIDE)

N°	100,0 CM ³ . DE SOLUTION DE WÖLTJE AVEC 1/8 P. 100 D'ASPARAGINE	POIDS DU CHAMPIGNON SEC	GRAISSE BRUTE EN P. 100 DANS LE CHAMPIGNON SEC
1.....	+ 7 gr. 67 glycérol	—	—
2.....	+ 7 gr. 59 mannitol	85	42,5
3.....	+ 7 gr. 5 fructose	165	45,3
4.....	+ 7 gr. 5 glucose	185	46,3
5.....	+ 7 gr. 5 saccharose	196	47,0
6.....	+ 7 gr. 88 maltose	197	46,3
7.....	+ 7 gr. 5 galactose	150	47,5
8.....	+ 7 gr. 88 lactose	—	—
9.....	+ 7 gr. 5 mannose	175	47,5
10.....	+ 8 gr. 26 raffinose	140	42,0

3. — Protéogénèse maxima et protéogénèse minima

La protéogénèse est maxima en aérobiose et minima en anaérobiose chez les levures ; la croissance diminue avec l'anaérobiose et la multiplication cellulaire cesse en anaérobiose absolue.

Quel est le seuil de concentration azotée permettant la protéogénèse ? Avec l'urée, et selon les données fournies par Raaf, il se

placerait aux environs de 1/80 %. Il est plus facile d'indiquer un chiffre, pour lequel la protéogénèse cesse d'augmenter aussi rapidement, il s'agirait d'une concentration de 4/10 % d'urée dans l'expérience de Raaf sur *Endomyces vernalis* ; mais ce n'est là nullement un maximum, la protéogénèse continuant à augmenter avec la concentration croissante en azote du milieu.

4. — Lipogénèse maxima et lipogénèse minima

La lipogénèse est maxima en aérobose ; la formation d'acides gras et de graisses neutres est nulle en anaérobose. Dans l'expérience de Raaf, lorsqu'on maintient constante la concentration en glycérides, la lipogénèse est minima pour une concentration d'urée supérieure à 4,10 % chez *Endomyces vernalis*.

Mais il convient de distinguer cette lipogénèse minima de la teneur minima, irréductible, en corps gras ; cette valeur limite est obtenue en soumettant le champignon à l'inanition ; elle est de 1,37 % du poids sec chez *Sterigmatocystis nigra* (Belin) ; ce même auteur interprète cette valeur limite comme élément lipidique cellulaire constant.

Prill et ses collaborateurs (1935) trouvent que les variations de la teneur en graisse chez *Aspergillus fischeri* atteignent surtout les glycérides, tandis que l'élément phosphatidique et l'insaponifiable demeurent relativement constants.

Smedley Mac Léan (1923) avait constaté qu'après extraction directe des lipides à l'éther, il persiste constamment une fraction résiduelle ; d'autres auteurs ont fait, par la suite, des constatations analogues, et on a surtout recherché de nouvelles techniques d'extraction plus complètes et sans altération des corps gras.

Ces recherches ont nécessité le perfectionnement de techniques anciennes d'épuisement et de séparation par l'emploi de solvants divers et successifs, et la création de techniques nouvelles soit d'extraction, soit d'extraction et d'isolement (distillation moléculaire) ; soit d'isolement ou fractionnement par les méthodes d'adsorption et de partition telles qu'elles sont employées pour la séparation des acides aminés.

En effet, cet élément individualisé par Belin et appelé par lui « *élément cellulaire lipidique constant* » est représenté en tout ou en partie par ce non directement extractible ; et abandonnant un point de vue statique, mieux vaut l'appeler, comme l'a fait Béraud, *fraction résiduelle liée à la structure cellulaire* ; elle semble bien liée en effet aux protéides : sur le graphique n° 8, résumant les

résultats obtenus par Raaf dans cette expérience, on constate qu'au-dessous d'une concentration de 1/40 % d'urée, avec *Endomyces vernalis*, les courbes *a*, *c* et *d* s'abaissent presque parallèlement. Il est encore trop tôt pour affirmer si chez les champignons il y a, comme chez certains végétaux supérieurs, corrélation entre le taux des phosphatides et celui des protéides (Guerrant).

Les conceptions actuelles sur l'infrastructure cellulaire tendent à accorder un rôle de plus en plus important aux lécithides dont les molécules sont orientées suivant la disposition de leurs groupements hydro- et éléophiles ; la liaison avec les protéides s'effectuerait soit par des valences secondaires, soit par des cénapses, soit par des structures à symplexe à la manière des complexes de Werner. Quels sont, dans cette structure, la forme physico-chimique et le rôle des éléments d'insaponifiable (stérols, carotènes ou leurs pré-curseurs) ? On ne le sait.

On peut conclure, provisoirement au moins, à la dualité physiologique des corps gras dans les organismes : lipides d'une part, lipides complexes et éléments d'insaponifiable pour une partie d'autre part, en attendant que soient précisés leurs rapports.

Il reste encore à préciser si en faisant varier seule la concentration de l'élément azoté, la lipogénèse présente toujours un *maximum* net, comme il ressort des expériences de Raaf sur *Endomyces vernalis*.

5. — Le problème de la formation des graisses à partir des protéides

En anaérobiose, on admet que certains alcools supérieurs constituant le fusel proviennent d'acides aminés.

En aérobiose, on observe des enclaves lipidiques souvent considérables dans les cellules les plus âgées ou mortes, si bien que l'on a pu parler de la lipogénèse dans ces conditions comme d'un processus de dégénérescence.

Belin (1926) démontre d'une façon simple que les graisses ne se forment pas aux dépens des matières protéiques ; que la concentration en peptone du milieu augmente, *Sterigmatocystis nigra* ne produira pas davantage de lipides.

Nous avons vu, lors de l'étude de l'action d'un déséquilibre azoté, que les deux courbes de la lipogénèse et de la protéogénèse se croisent (Heide, Raaf).

De même, au cours de l'inanition, comme le démontre Raaf sur *Endomyces vernalis*, le taux de l'azote diminue faiblement et celui des lipides rapidement ; il transporte à une date déterminée le

champignon sur une solution type Wöltje, mais sans glucide et sans azote :

TABLEAU XXVII (RAAF)

DATE DE TRANSPOSITION (en jours)	DATE DE LA RÉCOLTE DÉFINI- TIVE (en jours)	POIDS DU CHAMPI- GNON SEC	GRAISSE		AZOTE		SUCRE RESTANT DANS LE MILIEU EN MGR.	AZOTE RESTANT DANS LE MILIEU EN MGR.
			en p. 100 du cham. sec	en mgr.	en p. 100 du cham. sec	en mgr.		
0....	6	392	7,2	28,2	6,05	22,7	131	1,12
2....	8	361	7,0	25,3	6,1	22,0	125	1,74
4....	10	352	6,5	22,8	6,0	21,2	136	2,09
10....	12	334	5,2	16,8	5,9	19,6	—	—

Raaf démontre, par une expérience très élégante, qu'il n'y a pas de formation des lipides aux dépens des protéides ; en remplaçant le sable de quartz par de la permutite, il y a adsorption de l'ion ammoniacal libéré, mais l'ammoniaque ainsi adsorbé devient récupérable par l'organisme fongique dès que la concentration de l'azote ammoniacal a atteint une certaine limite inférieure. *Endomyces vernalis* assimilant de l'urée ou de l'asparagine libère de l'ammoniaque ; il n'en libère pas à partir du glycocolle, de l'acide aspartique, de la leucine, de la tyrosine, de l'acétamide et du succinamide ; Raaf constate qu'en milieu sur permutite, en présence d'urée ou d'asparagine, la protéogénèse est diminuée par rapport à un témoin cultivé en milieu sur sable de quartz, tandis que la lipogénèse s'accroît ; le déséquilibre azoté est donc bien lié, dans ce cas, à une absence d'utilisation de l'azote ammoniacal nécessaire pour l'édification des substances protéiques.

L'ensemble de ces constatations doit mettre fin à la notion de dégénérescence graisseuse de la matière vivante, qui n'a pour elle que les apparences, mais ne repose sur aucun fait précis.

L'aliment azoté est bien utilisé pour la protéogénèse ; Jacquot-Armand et Raveux expérimentent sur *Sterigmatocystis nigra* et constatent que la teneur en azote du mycélium augmente avec la concentration en azote du milieu, que l'aliment azoté soit le nitrate de potassium, le sulfate d'ammonium, l'asparagine, le glycocolle ou la peptone ; ces auteurs constatent encore, comme cela avait déjà été établi, que le taux d'azote de la moisissure baisse en fonction

du temps ; c'est la coïncidence d'une diminution du taux de l'azote et d'une augmentation des lipides facilement observables sur de vieilles cultures qui ont donc incité, à tort, à parler de dégénérescence grasseuse et à considérer la lipogénèse comme un processus de dégénérescence. Jacquot-Armand et Raveux font encore une observation intéressante : la teneur en azote du mycélium n'augmente pas, diminue plutôt, légèrement, avec l'augmentation de la concentration du milieu en nitrate d'ammonium ; mais sur d'autres souches de *Sterigmatocystis nigra*, ils font, à la suite de Steinberg et Bowling, la constatation inverse.

6. — Action des substances azotées sur la production des carotènes

Certaines circonstances, qui favorisent la lipogénèse, favorisent également la production des carotènes et leur persistance par action antioxygène des lipides et des carotènes.

TABLEAU XXVIII (SCHOPFER)

ASPARAGINE P. 100	CHAMPIGNON POIDS SEC EN MGR.	CAROTÈNES MGR.	CAROTÈNES EN P. 100 DU POIDS SEC
4.....	597	0,54	0,090
2.....	416	0,399	0,096
1.....	193	0,166	0,086
0,5.....	115	0,0945	0,082
0,3.....	65	0,056	0,086
0,2.....	42	0,0346	0,082
0,1.....	37	0 025	0,06 :

Schopfer (1928) démontre que l'apparition des pigments caroténoïdes chez *Mucor hiemalis* est favorisée par un certain déséquilibre azoté, ce qui correspond, nous l'avons vu, à élever le potentiel d'oxydo-réduction cellulaire comme le ferait l'oxygénation. D'autre part, Schopfer indique que la teneur en carotènes semble varier parallèlement à la teneur en lipides.

Mais avec *Phycomyces blakesleeanus* cultivé sur milieu à l'asparagine, Schopfer trouve un résultat discordant :

De même lorsque la concentration en glycocolle passe de 0 gr. 23 à 0 gr. 24, la teneur en carotène augmente de 0,09 à 0,14 %.

Avec le nitrate d'ammonium (il est intéressant de rapprocher ce nouveau résultat de celui obtenu par Jacquot-Armand et Raveux), Schopfer n'obtient qu'une faible variation du poids de la culture et du carotène, mais la quantité de carotène est d'emblée élevée : 0,23 à 0,25 % du poids sec.

J. Méry (1948) démontre de façon beaucoup plus directe l'influence de la nature de la source azotée et du déséquilibre azoté sur la formation et la persistance des carotènes. Cet auteur établit qu'avec la leucine, la tyrosine, le tryptophane, de même qu'avec un déséquilibre azoté, la persistance de la pigmentation des *Rhodotorulacées* était quasi-indéfinie.

Il en est de même avec les mélanines ; et nos expériences faites avec *Pullularia pullulans* démontrent que les facteurs énumérés ci-dessus favorisent l'apparition de pigments mélaniques.

7. — Assimilation des substances azotées et valeur catalytique de l'élément azoté

En réalité, on doit dissocier dans les considérations précédentes l'influence de la nature de l'élément azoté et l'action d'un déséquilibre azoté d'une part, et la valeur d'assimilation de ces substances azotées d'autre part. Par exemple, chez les levures, l'asparagine est constamment assimilée sauf, semble-t-il, chez les *Klæckera*. L'assimilation de l'urée est inconstante, souvent tardive et discrète. L'assimilation du nitrate de potassium ne se rencontre que chez quelques espèces, par exemple *Torulopsis utilis*, *Rhodotorula aurantiaca*, etc... Nous avons reconnu que *Rhodotorula rubra* assimile la citrulline, l'arginine, la xanthine, l'acide urique. L'étude de l'assimilation des bases puriques pose un problème particulièrement intéressant, car il en est qui sont assimilables et d'autres qui, non assimilables, peuvent avoir une action particulière comme facteur de croissance ou autre, par exemple la théophylline, ainsi que nous avons pu le constater. Il est à remarquer que la structure base purique se retrouve dans de nombreux catalyseurs cellulaires.

Ainsi, l'élément azoté peut avoir un rôle catalytique, qu'il soit ou non assimilable. Nielsen et Hartelius expérimentent sur la levure ; s'il est vrai que celle-ci, en présence de glycérides et d'éléments minéraux nécessaires, peut faire la synthèse de ses protéines en utilisant une source d'azote minérale, il est certain que des substances, telles la β alanine, l'asparagine, l'acide aspartique, l'acide glutamique, la lysine, l'arginine et la méthionine, agissent sur la croissance à des doses où elles ne peuvent agir comme aliment. Le mécanisme de cette action, ou ses mécanismes, n'est pas encore déterminé.

Conclusions à ce chapitre

Il y a de grandes variations dans l'assimilation de substances azotées par les champignons, variations qui dépendent de la nature de la substance azotée et de l'organisme fungique considéré.

Les substances azotées ont parfois un rôle d'élément catalytique agissant notamment sur la croissance.

Il convient de dissocier, dans cette action si complexe de l'élément azoté, son rôle dans l'assimilation, dans la croissance, dans la protéogénèse, dans la lipogénèse, dans la respiration, dans la production aérobie de gaz carbonique, dans la fermentation et la respiration intra-moléculaire, enfin dans certains métabolismes particuliers tels que l'édification de catalyseurs cellulaires et la production de pigments.

On constate que les acides aminés qui favorisent le pouvoir respiratoire sont ceux aussi qui favorisent la lipogénèse ; le déséquilibre azoté favorise hautement la lipogénèse. Il faut distinguer l'action du déséquilibre azoté de celle d'une concentration croissante en glycéides à taux d'azote constant.

Déséquilibre azoté, emploi de la leucine, de la tyrosine et du tryptophane favorisent encore la production et la persistance de pigments caroténoïdes, la production de pigments mélaniques ; ces constatations ont servi de base à la notion de convergence physiologique (voir p. 378).

Les facteurs précités agissent, de même qu'une augmentation de la tension en oxygène, comme s'ils tendaient à élever le potentiel d'oxydo-réduction cellulaire au delà de sa valeur normale.

Enfin, les expériences de Raaf ont définitivement démontré que les lipides ne pouvaient se former aux dépens des matières protéiques chez les champignons. Heide et Raaf ont établi que protéogénèse et lipogénèse variaient en sens inverse. Mais aux limites, se posent des problèmes particuliers sur les relations entre corps gras et protéides, dans la structure et le fonctionnement cellulaires.

Le rôle de la lipogénèse dans la respiration cellulaire est déjà ainsi partiellement démontré.

IX. — ACTION DE SUBSTANCES COMPLEXES OU EN MÉLANGE

1. Leur absorption. - L'absorption de substances complexes ou en mélange présente des différences imprévisibles avec l'absorption de substances plus simples dont elles représentent une combinaison ou un mélange.

L'étude de l'absorption nécessite d'envisager séparément le facteur cellulaire et l'action du milieu extérieur.

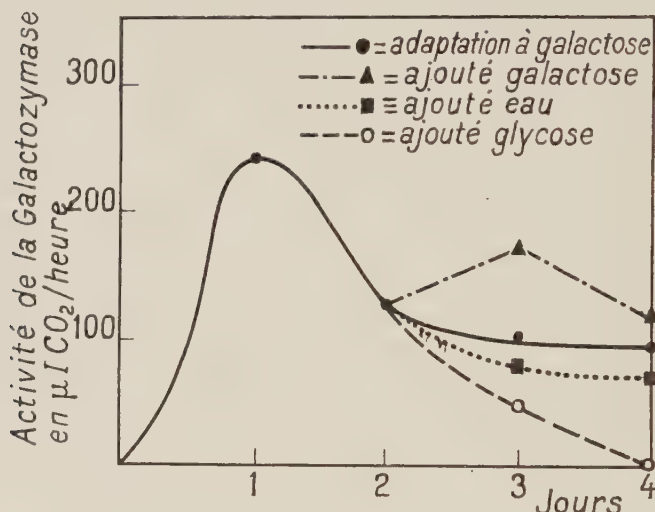
Il y a *sélectivité* dans l'absorption ; le mot sélectivité masque simplement notre ignorance de son mécanisme précis. On parle aussi de *perméabilité* cellulaire ; suivant la célèbre théorie d'Overton, fondée sur la nature lipido-protéidique de la membrane cellulaire et sur le fait que les substances tensio-actives tendent à se concentrer aux interfaces, l'absorption de diverses substances croît avec la liposolubilité ; en anaérobiose, où le nombre des surfaces et interfaces cellulaires se restreint, où la synthèse des lipides et des carotènes, substances tensio-actives par excellence, fait défaut, la perméabilité cellulaire doit être augmentée ; c'est ce que constate Dixon avec le glucose. D'autre part, la membrane cellulaire doit être considérée comme étant en perpétuel état de synthèse, la cellule comme édifiant constamment des substances tensio-actives (Schaeffer). Enfin, les phénomènes d'orientation moléculaire, qui règlent la disposition des molécules suivant la nature et la proportion des groupements hydrophiles et éléophiles, tant au niveau de la membrane cellulaire que des substances y pénétrant, impliquent la coexistence d'autres phénomènes moléculaires : modifications de *tension superficielle* déjà vues, *imbibition*, et les groupements hydrophiles qui appartiennent à une substance insoluble exercent néanmoins une attraction sur l'eau, *adsorption* ; aux phénomènes d'adsorption correspondront forcément des phénomènes de *désorption* ; on peut ainsi expliquer qu'au niveau des surfaces enzymatiques, l'alcool désorbé au fur et à mesure de sa synthèse soit entièrement excrété et n'exerce pas d'action toxique dans les milieux de fermentation où il s'accumule. Ainsi, si en anaérobiose la perméabilité cellulaire paraît augmentée pour le glucose, elle semble être diminuée pour l'alcool. Les liens étroits entre phénomènes d'absorption, processus d'excrétion et processus de synthèse au niveau des surfaces cellulaires, font concevoir qu'il existe des différences dans la *vitesse d'absorption* et surtout de *fixation*, pour des corps en mélange, suivant qu'ils sont plus ou moins rapidement engagés dans un circuit métabolique.

L'absorption dépend évidemment aussi de facteurs extérieurs : température, réaction du milieu, concentration en substances dissoutes ; la tension en oxygène est, nous l'avons vu, un facteur essentiel.

2. Leur assimilation et leur fermentation. — L'attaque *préférentielle* consiste en une assimilation ou une fermentation *élective* en présence de substances en mélange.

Un exemple d'assimilation élective est donné par *Sterigmatocystis nigra* qui, en présence de nitrate d'ammonium, assimile de préférence l'ion ammonium. Certains sels d'ammonium (succinate, citrate, tartrate, etc...) ne sont utilisables en anaérobiose que comme source d'azote, et peuvent l'être comme source unique à la fois d'azote et de carbone en aérobiose.

GRAPHIQUE 15 (STEPHENSON et YUDKIN)



La fermentation élective a été étudiée notamment par Fernbach et Schiller (1924) : les levures de Gayon et de Dubourg font disparaître plus vite le dextrose que le lévulose, de sorte que, vers la fin de la fermentation, le milieu ne renferme plus que du lévulose ; si les levures de Sauternes paraissent faire exception, c'est parce qu'à partir d'un certain stade de la fermentation, initialement analogue, le phénomène se renverse.

L'attaque préférentielle pourrait s'expliquer par une inhibition qui s'exercerait à l'égard d'une adaptation enzymatique définie ; le graphique suivant dû à Stephenson et Yudkin (1936) démontre l'effet inhibiteur, chez *Saccharomyces cerevisiae*, du glucose sur l'adaptation au galactose (graphique 15).

L'indépendance relative entre les phénomènes d'assimilation ou de fermentation d'une part, et la croissance d'autre part est bien établie par le fait que, dans certains cas, il peut y avoir adaptation enzymatique sans qu'il y ait multiplication cellulaire (Dienert 1900,

TABLEAU XXIX

Influence de quelques substances en mélange sur la croissance
et de la pigmentation de *Rhodotorula sarniei*
(d'après Fromageot et Tchang, 1938)

SOURCE DE CARBONE	CROISSANCE	A	B	C
Glycose.....	+++	3	3	1
Alcool amylique.....	0	—	—	—
Id. + glycose.....	+	—	—	—
Glycérol.....	+++	3	∞	—
Id. + glycose.....	+++	3	2	1
Erythrite.....	+	—	—	—
Id. + glycose.....	++	3	2	1
Ac. gluconique.....	+	—	—	—
Id. + glycose.....	+++	3	9	8
Ac. butyrique.....	+++	3	6	15
Id. + glycose.....	0	—	—	—
Ac. citrique.....	0	—	—	—
Id. + glycose.....	+++	3	5	R/2 puis jaune
Ac. succinique.....	+	—	—	—
Id. + glycose.....	++	3	6	16

A = nombre de jours nécessaires pour obtenir la pigmentation maxima.
B = nombre de jours pendant lesquels persiste la pigmentation maxima.
C = nombre de jours nécessaires pour la décoloration.
R/2 = cultures restant plus de 20 jours en demi-teinte.

Stephenson et Stickland 1933) ; on observe notamment, au cours de la fermentation alcoolique, une adaptation enzymatique considérable sans rapport avec la multiplication cellulaire restreinte en anaérobiose.

3. Leur action sur la croissance. — Il y a un avantage évident à se servir, pour la confection de milieux de culture courants, de produits naturels soit bruts, soit demi-raffinés (Langeron et Milochevitch, 1930) : gélose non lavée, ni filtrée ; eau de robinet ; glycose ou mal-

TABLEAU XXX

Croissance d'*Ustilago violacea* en présence de différentes sources d'azote (valeur néphélométrique) (d'après Schopfer et Blumer, 1938)

	SANS ANEURINE		AVEC 0,02 D'ANEURINE	
	13 jours	21 jours	13 jours	21 jours
Témoin sans azote.....	5,0	4,0	3,0	4,5
Sulfate d'ammonium.....	4,5	5,0	46,0	52,0
Citrate d'ammonium.....	10,0	8,5	48,5	65,0
Nitrate d'ammonium.....	9,0	9,0	18,5	19,0
Tartrate d'ammonium.....	9,5	8,0	47,5	63,0
Chlorure d'ammonium.....	8,0	5,5	40,0	47,0
Carbonate d'ammonium.....	4,0	4,0	27,0	39,0
Nitrate de potassium.....	5,5	6,0	9,0	12,5
Nitrate de calcium.....	7,0	6,5	9,0	21,0
Asparagine.....	3,0	3,0	44,0	56,0
Urée.....	6,0	23,5	28,0	29,5

TABLEAU XXXI

Croissance d'*Ustilago violacea* en présence de différents di- et tripeptides (d'après Schopfer et Blumer, 1938)

SOURCE D'AZOTE	VALEUR NÉPHÉLO- MÉTRIQUE APRÈS 14 JOURS	SOURCE D'AZOTE	VALEUR NÉPHÉLO- MÉTRIQUE APRÈS 14 JOURS
Glycylglycine.....	35,5	l-leucyl l-tyrosine.....	30,0
Glycyl l-leucine.....	35,0	Chloracétyle l-tryptophane	0,
Glycyl d l-leucine...	31,0	d l-alanylglycine.....	46,3
Glycyl l-tryptophane	0	d leucylglycylglycine....	15,8
Glycyl l-tyrosine....	37,5	l-leucylglycylglycine.....	41,1
d-leucylglycine.....	6,0	d l-leucylglycylglycine....	41,7
l-leucylglycine.....	36,0	diglycylglycine.....	32,5
d l-leucylglycine....	34,0		

tose massés bruts, mélasses ; touraillons, peptones. Aucun milieu synthétique, si bien conditionné soit-il, ne favorise la croissance d'une façon aussi remarquable que ces substances complexes chez les champignons.

Déjà, dans le domaine bactériologique, les travaux de Snell et de ses collaborateurs ont montré, grâce à l'emploi de bactéries très exigeantes en substances azotées et facteurs de croissance divers, l'existence d'interactions ; certains acides aminés non indispensables dans tel mélange le deviennent dans tel autre, leur extraction inhibant la croissance ; il faut donc distinguer, pour les substances complexes ou en mélange, une valeur d'assimilation et une valeur catalytique que traduisent ces interactions.

L'exemple suivant, dû à Fromageot et Tchang (1938), montre l'action de substances en mélange sur la croissance et la pigmentation de *Rhodotorula sarniei* (tableau XXIX).

Schopfer et Blumer (1938) étudient l'action de différents sels d'ammonium sur la croissance d'*Ustilago violacea* (tableau XXX).

Ils étudient de même l'action de différents di- et tripeptides (tableau XXXI).

Monod (1941) découvre la *diauxie*, phénomène bien différent de l'attaque préférentielle et qui consiste en une croissance en deux ou plusieurs temps, séparés par une phase d'arrêt, voire négative ; au cours du premier temps, il y a assimilation d'un sucre A, au cours d'un second, d'un sucre B ; tandis que l'assimilation des sucres A serait liée à l'existence d'enzymes constitutifs, celle des sucres B le serait à celle d'enzymes adaptatifs au sens où les a définis Karström (1933) ; en réalité, comme l'indique Monod, le mécanisme de ce phénomène n'est pas encore déterminé. Son étude, qui ne semble pas avoir été faite chez les champignons, permettrait une classification physiologique des sucres et des substances azotées.

4. Action sur la consommation d'oxygène, sur la production aérobie, sur la production anaérobie de gaz carbonique. — Le tableau ci-dessous indique des résultats obtenus par Béraud :

Le passé immédiat des champignons, et notamment des levures, joue un grand rôle sur l'intensité de leur respiration et de leur pouvoir fermentatif ; nous avons remarqué que les champignons prélevés sur des supports naturels, tels que des résines ou des gommes, ont un pouvoir respiratoire et un pouvoir fermentatif particulièrement intenses, qui, par la suite, iront en s'atténuant lors de repiquages sur les milieux habituels.

5. Action sur la lipogénèse. — Stephenson et Whetham (1922) expérimentent sur *Bacillus phlei*, avec une source d'azote convenable et 2 p. 100 de glycose. La protéogénèse est normale et la lipogénèse modérée ; en remplaçant le glycose par de l'acide acétique,

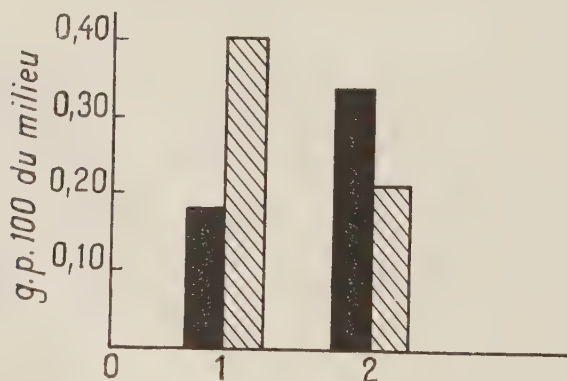
TABLEAU XXXII

Action de substances complexes ou en mélange sur la consommation d'oxygène, la production aérobie de gaz carbonique, la production anaérobie de gaz carbonique chez la levure de boulangerie préalablement cultivée sur ces milieux.

(d'après Béraud)

NATURE DE L'ALIMENT AZOTÉ	Q O ₂	Q N ₂ CO ₂	Q O ₂ C ₆ H ₁₂ O ₆
Tyrosine et leucine.....			
+ glycolle.....	38	0	67
+ d-alanine.....	39	0	68
+ asparagine.....	39	10	63
+l-tryptophane.....	49	0	70
+l-proline.....	42	0	76
+dl-histidine.....	46	0	65
Asparagine + urée.....	30	10	69
Caséine + tryptophane.....	45	8	74
Peptone sèche Chapoteaut....	45	3	90
Touraillons.....	53	0	95

GRAPHIQUE 16 (STEPHENSON et WHETHAM)



Rectangle noir : matière azotée synthétisée.

Rectangle gris : lipides synthétisés.

1. — 1 % de glucose + 1 % d'acide acétique.

2. — 2 % de glycose.

TABLEAU XXXIII
(d'après Heide)

	EQUIVALENT EN ASPARAGINE : 0,0934 D'AZOTE				EQUIVALENT EN ASPARAGINE : 0,0467 D'AZOTE			
	champ. sec	graisse brute en p 100 ds ch. sec	pH initial	pH final	champ. sec	graisse brute en p 100 ds ch. sec	pH initial	pH final
Urée	300	28,2	3,6	5,05	257,0	40,8	3,5	4,3
Tartrate d'amm	301,0	32,3	5,35	3,3	—	—	—	—
Sulfate d'amm	—	—	—	—	52,0	12,1	4,0	2,25
Succinate d'amm	322,0	37,4	5,3	4,9	243,0	43,8	5,3	3,9
Phosphate d'amm	103,0	8,45	5,3	2,35	187,0	38,3	5,3	2,65
Nitrate de sodiu n.	266,0	20,1	3,35	8,75	261,0	38,1	3,55	6,7
Nitrate d'amm	—	—	—	—	229,0	43,0	3,65	4,15

la lipogénèse est nulle ; mais avec un mélange à 1 p. 100 de l'un et de l'autre, la lipogénèse est plus accentuée qu'en milieu glycosé à 2 p. 100 (graphique 16).

Nous n'avons trouvé aucune donnée relative à de telles expériences chez les champignons.

Heide étudie l'action de divers sels d'ammonium et autres sur la lipogénèse.

Ainsi, les sels agissent comme des substances complexes pour lesquelles interviennent, du point de vue absorption et assimilation, l'ionisation, la concentration, la nature de l'anion ou du cation ; il existe des différences, en ce qui concerne la perméabilité cellulaire, entre ions Ca^{++} , K^+ , Na^+ , NH_4^+ d'un même sel.

Conclusions à ce chapitre. — L'importance de l'action de substances complexes ou en mélange est considérable. Que le milieu soit

ou non synthétique, il existe des actions de substitution et des interactions de substances en mélange au niveau des surfaces cellulaires ; le mécanisme de ces actions n'est pas encore élucidé ; d'ailleurs, il faut considérer, du point de vue cellulaire, l'état perpétuel de synthèse et les possibilités d'adaptation.

Finalement, une même substance peut être assimilée ou avoir un rôle essentiel comme catalyseur, soit dans le sens d'une action inhibitrice, soit dans le sens d'une action favorisante.

X. — INFLUENCE DE LA CONCENTRATION DU MILIEU

1. Concentrations minima. — Les notions de *seuil*, de *facteur limitant* prennent une importance croissante en matière de physiologie générale.

A vrai dire, chez les champignons, organismes aérobies, on devrait plutôt s'attacher à déterminer le seuil de la lipogénèse et le seuil de la formation d'alcool, en fonction de la tension en oxygène, en diminuant celle-ci, comme nous l'avons déjà indiqué.

De même, il y a un seuil, ou tension en oxygène minima, nécessaire à la multiplication cellulaire chez ces mêmes organismes aérobies.

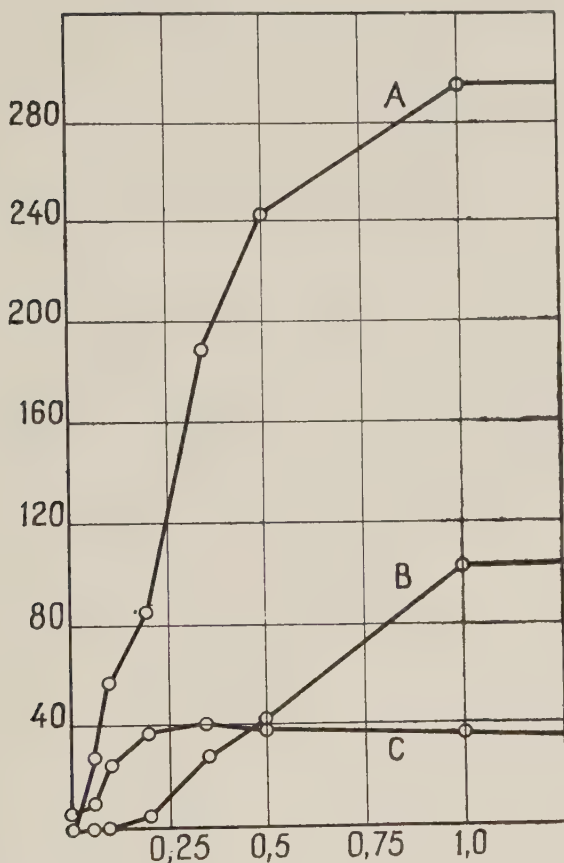
Les expériences de Raaf avec la permuteite nous ont enseigné que la tension en ammoniacque dans la cellule d'*Endomyces vernalis* était un facteur limitant pour la protéogénèse, que la diminution de cette tension en ammoniacque équivalait par suite à l'action d'un déséquilibre azoté, tel qu'il est réalisable dans un milieu de culture ; c'était là une découverte considérable fixant bien certains rapports entre la lipogénèse et la protéogénèse.

Hoogerheide (1935) étudie le rôle, comme facteur limitant, de la concentration en sucre sur la respiration, la fermentation anaérobie, la production aérobie de gaz carbonique, par la méthode manométrique de Warburg, et ceci en vue d'établir le mécanisme de la réaction de Pasteur. Il obtient le résultat suivant (graphique 17).

Ces résultats sont-ils dus à une plus grande perméabilité de la cellule pour le glucose en anaérobiose, comme l'indique Dixon ? La respiration est-elle, en deçà des concentrations minima pour la production aérobie de gaz carbonique, un phénomène résiduel ? Quoi qu'il en soit, Hoogerheide a démontré que la concentration en glycides minima était un facteur limitant, dont la valeur différait suivant qu'il s'agit de production aérobie de gaz carbonique, de respiration ou de fermentation anaérobie.

On peut s'attaquer encore d'une manière différente à ce problème

GRAPHIQUE 17 (HOOGERHEIDE)



Influence de quantités croissantes de glucose sur la respiration (C), la fermentation aérobie (B) et la fermentation anaérobie (A) de la levure pressée.

En ordonnées : sucre consommé en millimol. $\times 22 \times 10^{-6}$.

En abscisses : concentration en sucre pour 100.

expérimental, en utilisant des substances qui bloquent l'action du système des accepteurs d'oxygène, d'où il s'ensuit que la pression en hydrogène cellulaire augmenterait, que le potentiel d'oxydo-réduction cellulaire s'abaisserait. Avec les cyanures, il apparaît qu'il persiste une respiration résiduelle, il y a augmentation de la teneur en flavines (Pett 1935, Gourevitch 1938). Un effet inattendu est que le suc de levure perd la plus grande partie de sa vertu fermentaire en présence d'acide cyanhydrique ; on se demande pourquoi cette énorme

nocivité, qui n'est en rapport ni avec la constante d'adsorption de l'acide (Warburg), ni avec sa toxicité relativement faible à l'égard de la levure ; il suffit d'ailleurs d'un courant d'air pour entraîner HCN et rendre au milieu son activité (*in* Colin, 1945). Concernant la faible toxicité de l'acide cyanhydrique, nous avons pu nous en rendre compte personnellement en laissant diffuser, par la méthode de Heatley, une solution de cyanure de potassium à 1 p. 100 dans une plaque de géloseensemencée avec *Candida krusei* ; contrairement à toute attente, nous avons constaté que les sulfocyanures étaient au moins aussi toxiques *in vivo* ; ce qui nous a amené à penser que le soufre cellulaire, abondant chez les levures, n'était pas indifférent dans les réactions secondaires observées par emploi de l'acide cyanhydrique. Ainsi, nous pensons que la méthode qui utilise la cystéine (Quastel et Wheatly 1932, Hoogerheide 1935, Kluyver et Custers 1940) est plus appropriée à l'étude d'une dissociation de la respiration, de la production aérobie de gaz carbonique, de la fermentation anaérobie. L'importance du rôle des groupements thiol et disulfure, de leur proportion relative, apparaît comme toujours plus grande, parce qu'ils régleraient la pression d'hydrogène cellulaire et orienteraient ainsi les activités diastasiques comme il a été démontré par les travaux de Hopkins et ses collaborateurs ; il faut, dans toutes ces expériences, tenir compte d'un fait essentiel, c'est que la cystéine est ajoutée, mais que le glutathion est fixé solidement dans la cellule d'où on ne peut l'extraire que par autolyse.

On peut donc conclure que, expérimentalement, il est difficile d'établir une action *a minima*, d'en déduire un mécanisme précis *in vivo*, et que, d'autre part, les seuils varient suivant la nature des facteurs limitants considérés. On ignore notamment par quel mécanisme la production d'alcool se substitue à la synthèse des lipides, lorsque diminue la tension en oxygène d'une atmosphère déterminée.

2. Concentrations maxima et action de la pression osmotique. — Elever la concentration en une substance a également pour conséquence d'élever la pression osmotique du milieu. Nous avons vu que la tolérance des champignons à une concentration élevée en glycérides était beaucoup plus grande qu'à une concentration relativement faible en alcool ou en glycérrol, la perméabilité cellulaire pour ces substances diffusibles paraissant être supérieure en aérobiose ; nous avons indiqué aussi que les phénomènes d'adsorption-désorption, au cours de la synthèse de ces substances toujours constatée en anaérobiose, expliquerait mieux que des différences de perméabilité

le rejet à l'extérieur de ces substances (alcool et glycérol) lorsqu'elles se synthétisent ; cependant, une telle théorie ne fait que reculer les limites du problème, sans apporter une solution pratique à la question suivante : Comment le glycérol, dont on ne constate jamais la présence à l'état libre dans des conditions d'aérobiose stricte, est-il synthétisé pour faire partie de la molécule des graisses neutres et des phosphatides ? C'est à se demander si cette synthèse ne se fait pas en bloc, sans intervention de lipase, dont la présence paraît jusqu'ici inconstante chez les champignons !

Parmi les organismes supportant les concentrations les plus élevées, nous avons cité les *Aspergillacées* et les *Fusarium*, biologiquement voisins ; ce sont aussi les organismes qui font les synthèses les plus diverses et les plus poussées à partir des milieux synthétiques les plus simples, ne renfermant par exemple qu'une substance ternaire, un élément azoté minéral, des phosphates et des éléments minéraux nécessaires ; ce sont aussi les organismes qui supportent les plus grandes variations dans la réaction du milieu ; leur pouvoir d'adaptation à des variations de la tension en oxygène est considérable, bien qu'ils soient strictement aérobies.

Les modifications morphologiques observées sous l'effet de l'élévation de la pression osmotique consistent notamment en phénomènes de vésiculation, c'est-à-dire production de renflements mycéliens très apparents en culture sur lame (Langeron et Milochévitch, 1930). Les variations de la pression osmotique influent surtout sur la sporulation et la germination des spores. Les travaux de Blochwitz (1930) et Heintzeler (1939), en se basant sur le pouvoir de germination, donnent une classification des champignons cultivables qui est la suivante :

Espèces xérophiles dont le pouvoir de germination se maintient pour des tensions de vapeur relatives (1) de 80 p. 100.

Espèces mésophiles dont le pouvoir de germination se maintient pour des tensions de vapeur relatives de 80 à 90 p. 100.

Espèces hygrophiles dont le pouvoir de germination se maintient pour des tensions de vapeur relatives de 90 p. 100.

Les *Aspergillacées* sont des xérophiles. Les *Mucorales* et certaines *Ustilaginales*, des mésophiles. *Geotrichum candidum* se place entre méso- et hygrophiles.

Indépendamment du pouvoir de germination, il faut considérer

(1) Les tensions de vapeur relative sont en relation directe avec l'abaissement de la tension de vapeur ; des tables donnent la valeur correspondante de l'une et de l'autre exprimée en pression osmotique.

les limites de tension de vapeur relatives pour la formation des conidies et des sporanges : augmentée de + 3 p. 100 par rapport aux valeurs déjà indiquées pour la formation des conidies chez les Ascomycètes ; de + 5 à 8 p. 100 pour la formation des sporanges chez les Phycomycètes. Toutes ces valeurs limites ne sont effectives qu'aux températures optima et varient évidemment avec la nature de la solution ; il faut les augmenter de 12 p. 100 avec des solutions de CaCl_2 , de 6 p. 100 pour les solutions équilibrées ou contenant soit NaCl , soit KCl ; cependant, certaines espèces supportent moins bien le NaCl que le KCl .

L'accommodation osmotique est variable suivant les groupes, genres et espèces ; elle est importante généralement chez les Plectascales, chez les Dématiées, etc...

L'élévation de la pression osmotique n'a qu'une faible influence sur la fermentation alcoolique vraie, mais elle favorise la respiration intra-moléculaire et surtout la lipogénèse ; en effet, dans ce dernier cas, si, laissant la concentration en glycérides et en azote constante, on augmente la pression osmotique par addition d'un sel, la lipogénèse augmente, c'est ce que démontre le tableau suivant dû à Heide (tableau XXXIV).

TABLEAU XXXIV (HEIDE)

ESSAIS	SOL. DE WOLTJE + ASPARAGINE + NaCl EN P. 100	CHAMPIGNON, POIDS SEC EN MG.	GRAISSE BRUTE EN %, DANS LE CHAMPIGNON SEC	GRAISSE TOTALE EN MG
a.....	0	203,0	42,8	87,0
b.....	0,062	160,0	40,1	64,2
c.....	1,25	145,0	41,3	59,9
d.....	2,5	129,0	44,5	57,4
e.....	5	51,0	49,4	25,2

Mais insistons encore sur le fait que, dans ces expériences et dans d'autres, on doit tenir compte, indépendamment de la valeur de la pression osmotique, de la nature du sel dissous.

Il est un point de physiologie comparée intéressant, c'est la confrontation de l'influence de la pression osmotique sur les champignons et sur les végétaux chlorophylliens ; Laurent, Molliard,

Lhéritier, Combes, etc... ont mis en évidence que la pression osmotique s'élevait chez ces derniers sous l'influence soit d'une lumière intense, soit de l'air sec, soit d'une culture en milieu liquide concentré ; les modifications sont surtout évidentes au niveau des feuilles : tissu palissadique plus développé, chloroplastes plus profonds ; au niveau de l'épiderme, davantage de cutine ; par ailleurs, la subérine est plus abondante ; or, subérine et cutine sont des substances complexes se colorant comme les lipides par le soudan III. Par contre, en milieu aquatique, la subérine et la cutine font pratiquement défaut, mais il y a davantage de lipides phosphorés ; Gertrude et Combes concluent que ces derniers font partie intégrante de la matière vivante. Ces faits ne sont nullement en contradiction avec ce qui existe chez les champignons ; ils apportent quelques suggestions nouvelles, mais il est encore difficile de tirer des conclusions.

En résumé, l'élévation de la pression osmotique agit, chez les champignons, en favorisant la lipogénèse. Tout se passe comme si elle tendait, en aérobiose, à provoquer une élévation du potentiel d'oxydo-réduction cellulaire.

3. Action de la déshydratation. — Il s'agit d'une action relativement indépendante de l'augmentation de la concentration en glycérides et de l'élévation de la pression osmotique. Il semble que la déshydratation (Halden, 1934) et l'action d'agents déshydratants favorisent la lipogénèse ; peut-être la diminution de la teneur en eau favorise-t-elle, dans certaines conditions, la constitution de substances hydrophobes.

La déshydratation favorise encore l'immersion dans les milieux de culture solides, la filamentisation des levures, la production de pigments mélaniques, celle de *coremium*.

XI. — INFLUENCE DE LA RÉACTION DU MILIEU

Le tableau suivant dû à H.-N. Johnson (1923) montre les limites de *pH* compatibles avec la vie pour différents organismes fongiques :

Ici encore, on retrouve cette ressemblance physiologique des *Aspergillacées* et des *Fusarium*.

Cependant, les valeurs du *pH* les plus favorables à la croissance se trouvent du côté acide, au voisinage de la neutralité.

L'étude de l'influence de la réaction du milieu se trouve être difficile, car il faut tenir compte non seulement de sa valeur, mais

TABLEAU XXXV (H. N. JOHNSON)

	pH INFÉRIEURS	pH SUPÉRIEURS
<i>Penicillium variable</i>	1,6-1,8	10,1-11,1
<i>Aspergillus oryzae</i>	1,6-1,8	9,0- 9,3
<i>Penicillium italicum</i>	1,9-2,2	9,1- 9,3
<i>Sterigmatocystis nigra</i>	2	6
<i>Fusarium oxysporum</i>	1,8-2,0	9,2-11,1
<i>Fusarium bullatum</i>	2,0 2,2	9,2-11,2
<i>Macor glomerula</i>	3,2-3,4	8,7- 9,2

encore du facteur qui détermine la modification de la réaction du milieu, de la variation du *pH* au cours de l'expérience, du pouvoir tampon du milieu, du pouvoir tampon cellulaire, qui est évidemment le plus considérable chez les champignons tolérant les variations de *pH* les plus grandes, tels les *Aspergillacées* et les *Fusarium*.

1. Action sur l'assimilation. — Molliard (1918) étudie l'influence de la réaction du milieu sur la consommation du glycose et du lévulose par *Sterigmatocystis nigra* cultivé sur le milieu suivant :

eau	1 000 cm ³
saccharose	46 gr. 7
tartrate neutre d'ammonium	9 gr. 2
sulfate de magnésium	0 gr. 8
phosphate monopotassique	0 gr. 8
sulfate de fer	0 gr. 046
sulfate de zinc	0 gr. 046

Ce milieu de Molliard diffère de celui de Raulin par le fait que l'azote est fourni par un seul corps sous forme uniquement ammoniacale et dans un rapport au carbone égal à 1/16, alors qu'il est de 1/18,3 dans le liquide de Raulin ; cette dose d'azote est telle que le sucre et l'ammoniaque utilisés disparaissent en même temps du milieu. Normalement, le rapport de consommation du glycose au lévulose est d'abord sensiblement plus grand que l'unité, puis il s'abaisse rapidement, et les deux sucres se trouvent coexister jusqu'à leur complète utilisation. Les résultats se montrent comparables si on remplace le tartrate par du nitrate ou du chlorure d'ammonium ou encore si on abaisse le rapport N/C à 1/32.

Mais si on acidifie ce milieu par de l'acide chlorhydrique à doses

croissantes, après y avoir remplacé le tartrate par le chlorure d'ammonium, on obtient les résultats suivants qui se rapportent à une teneur initiale en saccharose correspondant à 7 gr. 100 de sucre interverti :

TABLEAU XXXVI (MOLLIARD)

DOSE DE HCl (MG.)	AGE DES CULTURES (JOURS)	RÉCOLTE (MG.)	SUCRES RESTANT (MG.)		RAPPORT DE CONSOMM.
			Glucose	Lévulose	
290.....	8	1.330	1.175	2.920	3,77
«	16	1.450	980	2.712	3,06
«	21	1.511	0	2.066	2,39
310.....	8	834	1.416	3.244	6,97
«	13	1.018	708	3.072	5,94
«	21	1.243	0	2.555	3,56

Le rapport de consommation glycose/lévulose s'est modifié considérablement et le glycose disparaît, à un moment où il reste encore des quantités considérables de lévulose. Le glycose serait surtout utilisé pour la respiration, le lévulose pour l'édification des tissus, car les récoltes vont en s'affaiblissant avec l'acidification progressive. Cette expérience de Molliard montre qu'en modifiant la réaction du milieu, on modifie l'absorption et on met en évidence une assimilation élective.

Molliard obtient encore des résultats comparables en réduisant considérablement le rapport N/C, par exemple à 1/160. Dans les conditions d'expérience où s'est placé Molliard, l'acidification paraît agir dans le même sens qu'un déséquilibre N/C considérable, lequel tend à élever le potentiel d'oxydo-réduction cellulaire et à augmenter la lipogénèse.

2. Action sur la fermentation. — L'influence de la réaction du milieu est directe sur la fermentation alcoolique ; c'est ce qu'ont établi les recherches de Müller, Thurgau et Cœstwalder, puis celles plus récentes de Fernbach, Schoen et d'autres. En milieu acide, les produits principaux obtenus sont l'alcool et le gaz carbonique ; en milieu alcalin, le glycérol, l'acide acétique, l'alcool et le gaz carbonique.

3. Action sur la consommation d'oxygène et le dégagement de gaz carbonique. — Molliard (1920) étudie les variations de la consommation d'oxygène, du dégagement de gaz carbonique, du quotient respiratoire chez *Sterigmatocystis nigra*, organisme plus différencié que les précédents, en le cultivant à 35° C. sur 150 cm³ d'un liquide nutritif contenant 7 gr. de saccharose ; deux jours plus tard, il substitue à ce liquide 150 cm³ d'un milieu alcalin, neutre ou acide ; il obtient les résultats suivants :

TABLEAU XXXVII (MOLLIARD)

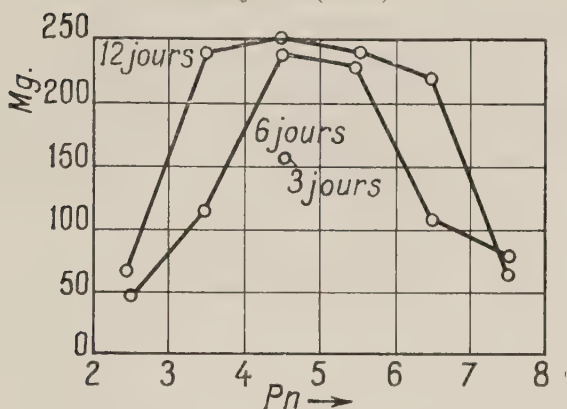
ACIDITÉ (+) OU ALCA- LINITÉ (-) DU LIQUIDE SUBSTITUÉ (CM ³ N)	ACIDE OXALIQUE (MG.)	GAZ CARBO- NIQUE DÉGAGÉ (CM ³)	OXYGÈNE ABSORBÉ (CM ³)	Q.R. GLOBAL	Q.R. PROPRE- MENT DIT
- 12	0	284	297	0,95	—
- 9	976	1.445	1.841	0,78	0,99
- 6	680	1.523	1.863	0,81	0,95
- 3	444	1.841	2.217	0,83	0,90
0	212	1.807	2.084	0,86	0,90
+ 3	108	1.726	1.941	0,88	0,90
+ 6	0	1.284	1.417	0,90	—
+ 12	0	765	794	0,96	—
+ 15	0	230	227	1,00	—

Le quotient respiratoire proprement dit diffère du quotient respiratoire mesuré ; Molliard l'obtient en retranchant de la quantité d'oxygène consommée celle qui se retrouverait dans l'acide oxalique dosé, en admettant la réaction :



On remarque que la consommation d'oxygène et le dégagement relativement plus important de gaz carbonique augmentent pour des valeurs de — 9 à 0 inclusivement, correspondant précisément à la diminution progressive de la formation d'acide oxalique ; de même, le quotient respiratoire s'élève avec l'acidification. Ceci correspond avec ce qui est observé pour *Brettanomyces claussenii* (système I et II de la fig. 3). Le pouvoir tampon cellulaire se manifeste, non plus par la production d'acide acétique (système III de la fig. 3), mais par la production d'acide oxalique (système IV de la fig. 3).

GRAPHIQUE 18 (HEIDE)



4. Action sur la lipogénèse. — Heide étudie sur *Endomyces ver-nalis*, en utilisant un tampon citrate-phosphates, les valeurs du pH optima pour la lipogénèse ; elles se trouvent du côté acide ce qui concorde avec les résultats obtenus par Molliard (1918) sur *Sterigmatocystis nigra* et suivant lesquels l'acidification paraît agir dans le même sens qu'un déséquilibre azoté important, lequel tend à à élever le potentiel d'oxydo-réduction cellulaire.

TABLEAU XXXVIII (HEIDE)

Boîte de PÉTRI N°	1	2	3	4	5	6	7	8
Asparagine p. 100....	1	1/2	1/4	1/8	1/16	1/32	1 64	0
Mg. d'azote dans 100 gr. de milieu.	186,6	93,3	46,6	23,3	11,6	5,8	2,9	0
Champ. sec, mg.	326	317	317	205	164	x	x	x
Graisse brute p. 100 ds ch. sec.	6,45	25,2	38,3	41,8	32,3	xx	xx	
Graisse totale mg. . .	21,0	79,9	121,5	84,0	52,5			
pH initial, . .	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2
pH final, . . .	6,85	5,85	5,7	4,6	4,5	4,4	4,4	4,25

Heide étudie encore la variation du pH du milieu observé au cours de la lipogénèse elle-même.

D'autres expériences de Heide déjà citées (voir tableau XXXIII) nous indiquent qu'il y a indépendance relative du sens de la variation du pH au cours de la lipogénèse et de la quantité de lipides finalement obtenus. La lipogénèse n'est donc pas une manifestation du pouvoir tampon cellulaire.

TABLEAU XXXIX (JACQUOT)

	POIDS SECS DES MYCÉLIUMS (GR.)	CO ₂ TOTAL DÉGAGÉ (GR.)	CO ₂ PAR GR. DE MYCÉLIUM SEC	ACIDE OXALI- QUE PAR MG.
Czapek + gluco- se +.....	1,933	2,642	1,366	0
Sulfate d'ammo- nium	2,116	3,460	1,635	0
Czapek + gluco- se +.....	1,633	4,758	2,913	105
Nitrate de potas- sium.....	2,253	5,840	2,626	122

5. Action sur d'autres métabolismes. — Elle a été étudiée surtout chez les Aspergillacées, et nous en donnerons deux exemples typiques :

1° Réaction du milieu et oxalicogénèse

Nous en avons déjà fait un exposé partiel.

Molliard (1919) a formulé la loi suivante : « La formation de l'acide oxalique résulte d'une réaction des cellules végétales vis-à-vis d'une tendance à l'alcalinité du milieu nutritif. »

Jacquot (1937) démontre que le nitrate de potassium provoque une alcalinisation du milieu et la formation d'acide oxalique ; avec le sulfate d'ammonium, produit acidifiant, l'oxalicogénèse est nulle, mais, si à ce milieu, on ajoute de la potasse, l'alcalinisation la fait apparaître.

D'autre part (Jacquot, 1938), il faut un peu plus de deux grammes de glycose pour édifier et entretenir un gramme de mycélium

sec, lorsque le milieu renferme du sulfate d'ammonium ; ce besoin dépasse quatre grammes lorsqu'il renferme du nitrate de potassium.

L'extra CO_2 (tableau XXXIX) correspondrait à la réaction schématique suggérée par Schoen :



en admettant que l'acide glycolique soit un terme intermédiaire au cours de l'oxalicogénèse.

L'oxalicogénèse apparaît bien comme une manifestation du pouvoir tampon cellulaire.

2° Réaction du milieu et production de cétones

Thaler et Eisenlohr étudient la cétogénèse à partir des acides gras chez *Penicillium glaucum* ; une de ses conditions est l'acidité du milieu ; le schéma est celui de Knoop, mais au lieu de la β -oxydation, il y aurait, conformément à la théorie de Wieland, une déshydrogénation par étapes : formation d'acides $\alpha\beta$ insaturés, puis de β -hydroxyacide, de β -céto-acide, enfin de cétone ou de méthylcétone. L'alcalinité freine la production de cétones ; il y a là une certaine similitude avec la cétogénèse chez les animaux supérieurs et avec la fermentation acétono-butylique.

Conclusions à ce chapitre. — L'influence de la réaction du milieu se traduit par de très grandes différences en ce qui concerne la tolérance des organismes fongiques. Le pouvoir tampon cellulaire se manifeste par la production d'acide acétique (en anaérobiose surtout), par la production d'acide oxalique (en aérobie toujours).

La lipogénèse est diminuée en milieux neutres ou alcalins. L'acidification du milieu agit dans le même sens qu'une élévation du potentiel d'oxydo-réduction cellulaire chez les champignons étudiés.

XII. — ACTION DES ÉLÉMENTS MINÉRAUX

Le carbone, l'oxygène, l'hydrogène, l'azote, le phosphore, le soufre, le potassium, le magnésium et le fer sont des éléments fondamentaux et indispensables. Le cuivre, le zinc (Javillier), le manganèse, le vanadium (Didier Bertrand) sont indispensables pour *Sterigmatocystis nigra* à des doses d'une incroyable petitesse, et on conçoit aisément les difficultés exceptionnelles d'expérimentation dans ce domaine. Les éléments minéraux sont oligodynamiques, spécifiques et oligosynergiques ; leur valeur catalytique est liée au

fait qu'ils entrent dans la constitution de diastases ou qu'ils jouent un rôle comme effecteur d'enzymes ; leur valeur biogénétique se traduit par une action sur la croissance, la sporulation, la pigmentation des conidies chez *Sterigmatocystis nigra* ; leur rôle physiologique se démontre par la déviation du métabolisme que provoque leur déficience.

1. Action sur la fermentation alcoolique. — Le rôle des phosphates dans la fermentation alcoolique a été clairement démontré par Harden et Young, Meyerhof, Lipmann, pour ne citer que quelques-uns des noms les plus célèbres. La notion de donateurs, transporteurs et accepteurs de phosphates a été solidement établie par des expériences *in vitro* : emploi d'extraits de levure divers, action d'inhibiteurs de fermentation, produits captés à mesure de leur formation, emploi d'éléments marqués. La valeur énergétique des liaisons phosphates a été déterminée par Lipmann notamment. La phosphorylation pourrait avoir comme effet d'élever le potentiel de semi-réduction par rapport aux mêmes réactions où n'interviennent pas de composés phosphorylés et de permettre ainsi leur couplage avec des réactions d'oxydation. Comme transporteurs de phosphates, on trouve dans 100 gr. de levure sèche : 0 gr. 4 d'acide adénosine triphosphorique et 0 gr. 1 d'acide adénylique. Harden et Young ont extrait de la levure la cozymase, dont la formule (von Euler) est identique à celle de la codéshydrase diphosphorique.

On a beaucoup discuté en vue de déterminer si les processus de phosphorylation sont identiques *in vivo* et *in vitro*. Ainsi, la levure vivante serait incapable de mettre en œuvre l'hexose-diphosphate qui se forme en abondance dans les extraits fermentaires additionnés de sucre, surtout en présence de fluorure.

Si la phosphorylation est indispensable dans la fermentation alcoolique, elle ne paraît pas l'être dans la dégradation des pentoses et dans la respiration intra-moléculaire, comme l'ont établi Nord et ses collaborateurs chez *Fusarium lini*.

Le rôle du magnésium dans la fermentation alcoolique serait lié à celui de la cozymase de von Euler, en tant qu'agent de phosphorylation et de déphosphorylation. La cocarboxylase, d'autre part, n'est active qu'en présence d'ions Mg^{++} (Lohmann).

Par contre, la déficience en zinc, élément biogénétique, n'entrave pas la fermentation alcoolique (Javillier).

2. Action sur l'assimilation. — Elle est analogue en ce qui concerne le phosphore et le magnésium dans leur action sur le catabolisme des glycides.

Les recherches de Tribot (1908), puis celles plus récentes de Canals ont démontré que *Sterigmatocystis nigra*, cultivé sur liquide de Raulin, n'assimilait pas le saccharose en l'absence de magnésium ; l'addition de traces de cet élément fait réapparaître l'activité de la saccharose et la croissance.

3. Action sur la lipogénèse. — Selon Smedley Mac Lean et Hofert (1924), l'addition de phosphates favoriserait la lipogénèse. Il faut tenir compte du fait que l'activation du catabolisme des glycidés favorise la lipogénèse. Le rôle de la phosphorylation dans la lipogénèse est certain, ne serait-ce qu'en raison de la formation de glycérphospholipides qu'on peut considérer comme dérivés de l'acide glycérphosphorique, dont les deux fonctions alcool seraient estérifiées chacune par un acide gras, et qui estérifie lui-même une molécule de choline dans le cas des lécithides. Cependant, Reichel n'a pas mis en évidence une action des phosphates dans la synthèse des acides gras à partir des diverses aldéhydes. La question se pose de savoir quels sont les rapports biochimiques entre la synthèse des acides gras et des lipides complexes, dont on sait le rôle si important dans la structure inframicroscopique du cytoplasme et de la membrane cellulaire. On est amené à concevoir provisoirement l'existence de plusieurs catégories de corps gras : les lipides simples dont le rôle dans la respiration cellulaire se trouve démontrée ; les lipides complexes, élément fondamental de la structure cellulaire ; les éléments d'insaponifiable dissous ou en liaison soit chimique, soit physico-chimique avec les différents lipides ou encore les protéïdes ; à côté des corps gras proprement dits, il convient de considérer les alcools aminés dont le rôle physiologique, comme pour les lipides complexes et les stérols, est loin d'être établi.

Selon Damm, l'addition de potassium et de magnésium favoriserait également la lipogénèse.

La déficience en éléments minéraux fait apparaître une déviation du métabolisme des glycidés au profit des « oxydations extrinsèques » (système IV de la figure 3), restreignant d'autant, comme l'indique cette représentation schématique, la lipogénèse dans ces conditions.

4. Action sur la croissance. — Nombre d'éléments minéraux sont biogénétiques et leur *coefficient d'utilité spécifique* (Duclaux) est très variable.

L'action synergique apparaît nettement dans la croissance. Par exemple, chez *Sterigmatocystis nigra*, les concentrations en magné-

sium qui donnent les récoltes maxima, ou un pourcentage déterminé du maximum, augmentent proportionnellement à la concentration en phosphore suivant la relation :

$$\Delta(x) = K \cdot \Delta(p)$$

où x et p sont les concentrations relatives en magnésium et en anhydride phosphorique (P_2O_5).

Le terme de milieux équilibrés, sans autre spécification, se rapporte à celui de milieux où la proportion et la concentration en éléments minéraux sont optima pour la croissance.

5. Action sur diverses activités métaboliques. — Le déséquilibre ou la déficience en un élément ou des éléments minéraux provoquent, chez *Sterigmatocystis nigra*, une déviation du métabolisme normal des glycides au profit des oxydations extrinsèques. Plantefol (1937, 1938) définit comme oxydations extrinsèques celles qui dégradent complètement les substances organiques par l'oxygène à la surface du protoplasme ; Plantefol a réalisé ses expériences sur des végétaux et notamment sur une mousse : *Hypnum triquetrum*. Il nous a semblé qu'un système analogue existe chez des champignons relativement différenciés, tels les *Plectascales*, mais il n'y a pas cette dégradation toujours complète observée par Plantefol chez les mousses ; on observe fréquemment la formation de cristaux dans les milieux de culture ensemencés avec ces champignons, alors même que le milieu de culture est équilibré. Le système IV de la fig. 3, établi d'après les hypothèses de divers biochimistes, nous montre comment on peut concevoir la formation d'acide gluconique, d'acide citrique, d'acide oxalique ; mais on peut aussi les considérer comme une forme de synthèse compensatrice s'opposant à l'accumulation d'acétaldéhyde (système III) ou comme la conséquence d'un fonctionnement anormal du système respiratoire cellulaire (système II). Dans tous les cas, il y a restriction de la synthèse des lipides au profit de celle d'acides organiques, corps beaucoup moins réduits. Citons, à titre d'exemple, les résultats suivants obtenus par Molliard chez *Sterigmatocystis nigra* (1931) ; les expériences ont eu lieu à 36° C. ; Molliard (1925) avait déjà mis en évidence une convergence de caractères obtenus sous l'action d'acides libres, de température élevée ou d'inanition potassique ; la déficience en potassium, comme les températures élevées, diminuerait la perméabilité cellulaire aux éléments minéraux ; dans ces expériences, le milieu renfermant 14 gr. de saccharose dans 150 cm³ de solution ne contient que 1/25 des doses normales de nitrate d'ammonium et d'autres substances minérales reconnues indispensables.

TABLEAU XL (MOLLIARD)

DURÉE JOURS	SUBSTANCE SÈCHE (MG.)	SUCRE DISPARU (MG.)	ACIDITÉ LIBRE (CM ³ N)	ACIDE GLU- CONIQUE (MG.)	ACIDE CITRIQUE (MG.)
5.....	432	2.090	4,1	810	0
10.....	541	3.198	8,3	1.500	39
20.....	646	4.540	10,7	1.630	152
40.....	824	5.684	18,7	1.790	650
50.....	837	6.884	18,7	1.800	610
60.....	624	8.157	23,5	1.730	938
75.....	675	9.087	21	680	1.113
90.....	872	11.997	21,7	320	1.320

Le rôle des éléments minéraux dans la respiration cellulaire se traduit encore indirectement par leur action sur la production de pigments de membrane, généralement inhibée, et sur la production de pigments diffusibles, qui peut être exagérée quand ils viennent à manquer. Molliard (1929) avec une déficience en zinc, Lavalley et Laborey avec une déficience en magnésium, provoquent une excrétion abondante d'un pigment jaune dans les milieux de culture ensemencés avec *Sterigmatocystis nigra*.

Conclusions. — L'action des éléments minéraux s'exerce sur la croissance et l'ensemble des activités métaboliques. Le mécanisme de cette action sur le catabolisme des glycides n'est pas encore complètement élucidé. Leur déficience provoque une déviation du métabolisme, restreignant ainsi la production de corps très réduits, tels les lipides. En anaérobiose, leur rôle catalytique s'affirme avec évidence. L'action biogénétique participe d'une action sur les différents processus biologiques : absorption, fixation, assimilation, etc...

XIII. — ACTION DES FACTEURS DE CROISSANCE

Les différences considérables dans la nécessité d'apport de facteurs de croissance nous ont permis d'opposer Mucoracées et Aspergillacées, ces dernières susceptibles d'édifier, sur un milieu contenant un glycide pur, un élément azoté minéral, les phosphates et les éléments minéraux nécessaires, tous les catalyseurs cellulaires dont elles disposent.

D'autre part, Aspergillacées et *Fusarium* synthétisent sur milieux de cultures banaux des pigments diffusibles.

Enfin, il est à noter que les flavines sont constamment synthétisées par les organismes fongiques. Elles sont excrétées normalement par *Eremothecium ashbyi* sur milieux ordinaires.

Les pigments diffusibles, de même que la lactoflavine dans le cas d'*Eremothecium ashbyi*, se forment d'abord à la face profonde des colonies, au point où le mycélium aérobie pénètre la gélose, ou à partir de la surface d'un milieu de culture liquide, recouvert par le champignon, alors qu'ensemencés en profondeur, ces mêmes champignons n'en forment pas.

Si, par des artifices de culture, on tend à élever le potentiel d'oxydo-réduction cellulaire chez *Eremothecium ashbyi*, l'excrétion de lactoflavine est restreinte de ce fait, comme la croissance elle-même. Il y a, comme l'a établi Dixon, un rapport évident entre le type respiratoire cellulaire et la nature des catalyseurs cellulaires. *Eremothecium ashbyi* présente un type respiratoire particulier ; toute tentative pour élever ou abaisser son potentiel d'oxydo-réduction cellulaire inhibe immédiatement sa croissance ; c'est un organisme à très faible pouvoir d'accommodation du point de vue potentiel d'oxydo-réduction cellulaire.

Pett (1935), puis Gourevitch (1938) constatent que la levure de bière cultivée en présence de cyanure diffuse de la flavine.

Les *Rhodotorula*, cultivés sur milieu liquide contenant 1 p. 100 de peptone et 2 p. 100 de glycose, diffusent dans le liquide un pigment jaune et fluorescent, abondant dans les vieilles cultures, du fait de l'anoxymbiose relative qui existe dans le sein du milieu liquide.

Donc, l'excrétion de flavines ou de pigments diffusibles correspond à une tendance à un abaissement provoqué ou spontané du potentiel d'oxydo-réduction cellulaire, chez des organismes aérobies. Les circonstances qui provoquent chez eux la formation d'alcool sont analogues et les deux processus peuvent être associés ; cependant, les pigments diffusibles n'apparaissent que chez des champignons se développant en aérobose.

Les circonstances qui favorisent la lipogénèse ou la production d'antibiotiques, tels que la pénicilline, se trouvent être inverses et correspondent à une tendance à l'élévation du potentiel d'oxydo-réduction cellulaire.

L'importance théorique et pratique de ces constatations ne peut échapper. Production de pigments diffusibles et d'alcool d'une part, production de lipides et de certains antibiotiques d'autre part, sont des synthèses compensatrices à diverses activités cataboliques, notamment celle des glycidés.

XIV. — LES RELATIONS DE LA LIPOGÈNE AVEC DIVERSES FONCTIONS PHYSIOLOGIQUES

Il se dégage de ce qui a été précédemment exposé certaines notions générales, notamment les suivantes :

Il y a, au cours de la vie aérobie, une grande différenciation physiologique par :

- multiplication des activités diastasiques ;
- dégradation plus complète des substrats offerts ;
- synthèses beaucoup plus variées et beaucoup plus poussées qu'en anaérobiose, avec notamment synthèses de corps très réduits, des corps autoxydables.

Les circonstances qui tendent à accroître la lipogénèse sont principalement :

- une augmentation de la pression d'oxygène ;
- l'emploi de substances azotées : leucine, tyrosine, tryptophane, qui stimulent la respiration ;
- le déséquilibre azoté ;
- la déshydratation ;
- l'acidification progressive du milieu par emploi de certains sels d'ammonium.

Ces circonstances tendent à élever le potentiel d'oxydo-réduction cellulaire au delà de sa valeur normale.

On aura remarqué particulièrement deux ordres de résultats expérimentaux :

- les circonstances précédentes sont défavorables à la protéogénèse et à la multiplication cellulaire ;

— l'oxygène exerce une action d'ordre catalytique sur les fonctions fondamentales de la matière vivante : protéogénèse et multiplication cellulaire, qu'il convient dans une certaine mesure de dissocier comme nous le verrons.

Les données précédentes étant acquises, il devient possible, après l'étude de l'action de chaque facteur en particulier sur la lipogénèse, d'aborder celle de ses relations avec les grandes fonctions physiologiques : protéogénèse, absorption, assimilation, respiration, excrétion, production d'autres corps gras, de pigments et d'antibiotiques, production d'alcool éthylique.

1. — Rapports avec la protéogénèse et la multiplication cellulaire. — La protéogénèse est minima en deux circonstances :

- en anaérobiose ;
- lorsque la lipogénèse est intense.

A. — En anaérobiose. — Il faut distinguer le cas d'organismes zymatiques et azymatiques :

Organismes zymatiques. — En anaérobiose (il faut le dire, presque toujours relative), on a pu considérer que « la levure » se comporte plus comme un catalyseur que comme un organisme vivant. Cette opinion est excessive ; une tension en oxygène minima est nécessaire au déclenchement de la fermentation par la levure vivante et au maintien de cette fermentation, car l'oxygène est nécessaire à la multiplication cellulaire, à la protéogénèse et au renouvellement des catalyseurs cellulaires ; en anoxybiose absolue, la levure meurt et la fermentation languissante s'arrête.

L'oxygène est nécessaire à des doses très faibles, sans rapport avec celles qui sont consommées au cours de la respiration pendant le même laps de temps, lorsqu'il intervient sur la multiplication cellulaire (Pasteur, Denys Cochin, H. T. Brown, Béraud) ; on serait tenté de prononcer le terme d'oligo-élément, en raison de cette action d'ordre catalytique tout à fait remarquable.

Organismes azymatiques. — Prenons maintenant le cas de levures azymatiques, telles que *Candida lipolytica*, *Geotrichum candidum* (Geotrichale, *sensu* Langeron, 1948). Ensemençons ces levures par points sur gélose inclinée, sous huile de paraffine ; on est étonné de leur développement quasi-normal, malgré la faible tension en oxygène régnant dans le sein du milieu. Ensemençons-les maintenant en milieu liquide, sous une couche d'huile de paraffine ou de pétrole ; ces champignons se développent à l'interface liquide-pétrole ou huile de paraffine, puis s'insinuent entre la couche de l'une de ces dernières substances et la paroi du tube, en remontant le long de ce dernier que l'on a choisi très étroit. Les traces d'air apportées en ensemençant ont permis le développement de ces levures azymatiques ; sans doute, faut-il tenir compte d'une action particulière de l'huile de paraffine ou du pétrole ; enfin, on peut parler d'oxytropisme en raison de la migration en direction de l'oxygène. Mais le fait essentiel demeure : en anaérobiose relative, il y a eu développement de ces organismes azymatiques, et on peut conclure que l'action d'ordre catalytique de l'oxygène est indépendante de l'existence ou non d'un pouvoir zymatique.

B. — Lorsque la lipogénèse est intense. — Dans ce cas, la protéogénèse est également restreinte, mais en dehors des facteurs protéogénèse et multiplication cellulaire, interviennent les facteurs

élongation et de liaison cellulaire, comme en témoignent la filamentisation ou la pseudo-filamentisation très fréquentes et souvent importantes en cas de lipogénèse intense chez les levures.

Comment peut-on expliquer :

— l'action de l'oxygène sur la multiplication cellulaire ;

— les différences observées dans les deux cas précités : anaérobiose et lipogénèse intense, du point de vue protéogénèse et multiplication cellulaire.

Une étape vers la solution de ce problème est fournie par trois ordres de constatations expérimentales :

1° La levure n'utiliserait pas en anaérobiose les acides aminés que nous avons appelés « acides aminés à haut potentiel » : leucine, tyrosine, tryptophane. Ces mêmes acides exercent une action catalytique en aérobiose, qu'ils soient assimilables ou non, bien qu'ils entrent dans la constitution des protéines cellulaires. Ces acides aminés servent-ils surtout à l'édification de catalyseurs respiratoires ou bien l'action de l'oxygène s'explique-t-elle surtout parce qu'elle est plus particulièrement indispensable à la synthèse de ces acides aminés, synthèse qui peut s'opérer à partir d'une source d'azote minérale ? On ne sait.

2° Raaf a démontré que, la tension en ammoniacque intra-cellulaire diminuant, la protéogénèse est restreinte, tandis que la lipogénèse augmente ; mais ces expériences fixant bien certains rapports entre la protéogénèse et la lipogénèse ne donnent pas de résultats généraux.

3° Hammett et ses collaborateurs (1929-1934), Joyet-Lavergne (1927-1934) établissent que le groupement sulfhydryle -SH est un « stimulant essentiel et spécifique de la multiplication cellulaire » ; on le trouve dans la cystéine, la méthionine, le glutathion si abondant chez les levures et solidement lié à la structure cellulaire (on ne peut l'extraire que par autolyse). Niels Nielsen constate que la méthionine est un facteur de croissance pour la levure. Les travaux de Wurmser et Rapkine, de Hopkins et Morgan établissent que certaines diastases ne sont actives, du moins pleinement, que lorsque leur groupement -SH est libre ; ces diastases, telle l'uréase, sont activées par des agents réducteurs. Toutes ces données rendent vraisemblable que l'oxygène stimulant les déshydrogénations exerce indirectement son action d'ordre catalytique sur la protéogénèse, et ceci par l'intermédiaire de groupements sulfhydriles.

2. — Rapports avec l'absorption. — Les corps gras tensio-actifs tendent à s'accumuler au voisinage des surfaces et interfaces cellu-

lares ; on rejoint, par l'application de la relation de Gibbs, la théorie d'Overton, suivant laquelle la perméabilité cellulaire à une substance augmente avec la liposolubilité de celle-ci.

On doit considérer comme perméabilité cellulaire l'ensemble des forces physico-chimiques s'opposant à la diffusion, et en la limitant de façon sélective, ceci aussi bien à l'égard de substances liquides, dissoutes ou gazeuses.

En aérobiose, on doit considérer la membrane cellulaire comme étant en perpétuel état de synthèse, et la cellule comme édifiant constamment des substances tensio-actives (Schaeffer). On observe en fait qu'il y a de grandes différences de perméabilité cellulaire chez la levure placée en présence ou en l'absence d'air. Dixon trouve que la perméabilité cellulaire au glycosé est augmentée en anaérobiose, ce que confirme le graphique dû à Hoogerheide (graphique 17). En aérobiose, la perméabilité cellulaire à l'alcool paraît accrue et les concentrations en alcool tolérées sont nettement moins élevées.

D'autres facteurs, notamment la réaction du milieu, interviennent également ; en témoignent les différences dans l'absorption du glycosé et du lévulose, lorsque l'acidité du milieu augmente (Fernbach et Schiller avec *Saccharomyces cerevisiæ*, Molliard avec *Sterigmatozystis nigra*).

3. — Rapports avec l'assimilation. — Les différences dans l'absorption expliquent, dans une certaine mesure, les différences dans l'assimilation qui subit l'influence de facteurs communs ; et, finalement, on serait tenté de ramener toutes les actions cellulaires à des actions de surface ; la théorie de l'adsorption-désorption a été d'abord appliquée aux réactions enzymatiques étudiées *in vitro*. Au cours du présent exposé, nous nous sommes volontairement écarté des méthodes biochimiques *in vitro*, qui emploient notamment les techniques suivantes : isolement de diastases, blocage d'actions diastasiques par des inhibiteurs appropriés, formation de composés définis et insolubles, emploi d'éléments marqués, cette dernière méthode étant cependant plus purement biologique. Dans une étude purement physiologique, on étudie le comportement d'organismes vivants en se référant constamment au *complexe organisme-milieu*, suivant l'expression de E. Rabaud ; les données d'observation et d'expérience prennent ensuite leur pleine signification à la lumière de données biochimiques solidement établies, à propos par exemple des fermentations, des actions de déshydrogénation, de transfert catalytique de l'hydrogène, etc...

Nous avons vu que l'oxygène exerçait une action sur l'assimilation des glycidés en restreignant leur taux de consommation, fait qu'ont établi notamment les recherches de Kluysver et de Custers. Cette action limitative paraît essentiellement liée à la nécessité de synthèses faisant équilibre au catabolisme des glycidés et dont les deux formes les plus constantes sont la formation du glycogène cellulaire, la synthèse des lipides. On constate, en effet, que plus la lipogénèse est intense, plus le taux de consommation des glycidés, à temps déterminé, est restreint.

D'autres observations ont montré que chez des levures à pouvoir réducteur puissant, des sucres non assimilables, suivant les données de la technique auxanographique de Beijerinck, peuvent l'être dans certaines conditions ; à cette assimilation que nous avons appelée anaérobie, parce qu'on la reconnaît au niveau d'éléments immergés dans les milieux de culture solides, et que l'on peut encore considérer comme adaptative, correspondent une lipogénèse intense et aussi la synthèse d'autres substances, comme en témoigne la présence de cristaux assez fréquemment dans ces milieux de culture. Cette forme d'assimilation *ne se rencontre que chez des organismes à pouvoir réducteur puissant* (Langeron et Luteraan, 1948).

Les expériences de Héide ont démontré que sous l'influence d'un déséquilibre azoté, les différences dans le pouvoir lipoformateur de différents sucres et polyalcools tendent à disparaître (voir tableau XXVI), et les résultats qu'il obtient, avec *Endomyces vernalis*, confirment l'existence de l'assimilation anaérobie.

De nombreuses substances ternaires ne peuvent être utilisées en anaérobiose, faute d'un accepteur d'hydrogène convenable ; ainsi en est-il de l'acide lactique, jamais fermentescible par les levures qui pourtant l'assimilent. On est finalement étonné de *l'importance et de la variété des processus de déshydrogénation en aérobie*.

Ce qui est dit des substances ternaires s'applique également à l'égard de certaines substances azotées. Les nitrates sont assimilés par *Torulopsis utilis* et *Hansenula saturnus* ; mais, en présence de cette source azotée, la fermentation est faible avec ces levures ; ceci est bien en conformité avec le rôle d'accepteur d'hydrogène que peuvent jouer les nitrates en se réduisant.

Les processus de déshydrogénation sont donc limités et réduits en anaérobiose ; le pouvoir réducteur des levures vivantes doit être diminué dans ces conditions ; c'est bien ce que nous avons pu démontrer et qui sera exposé plus loin.

A la réduction des nitrates et à la déshydrogénation de l'acide lactique, correspond une lipogénèse intense ; il y a des relations fon-

damentales entre la lipogénèse, les processus de déshydrogénation et les transferts catalytiques d'hydrogène.

4. — Rapports avec la respiration. — *Toutes les circonstances qui stimulent du moins initialement la respiration favorisent la lipogénèse* ; ceci résulte de la confrontation des travaux de Béraud, de Raaf *et alii*, ainsi que de nos propres investigations. L'action de la leucine, de la tyrosine, du tryptophane se vérifie aussi bien à l'égard de champignons filamenteux qu'à l'égard de levures. Divers auteurs (Bernheim, Schade et Thimann) ont vérifié que l'action si particulière de certains de ces acides aminés sur la respiration était indépendante de leur assimilation, et on ne connaît pas le mécanisme intime d'action de ces substances. L'action sur la lipogénèse se traduit par la présence d'enclaves lipidiques énormes.

5. — Rapports avec l'excrétion. — Finalement, les lipides sont, comme nous l'avons indiqué, les plus abondants au niveau des cellules âgées ou mortes, où ils s'accumulent sous forme d'enclave unique ou multiple.

On ne saurait trop insister, comme nous l'avons fait, sur les *rapports entre la respiration et l'excrétion*.

6. — Rapports avec la production d'autres corps gras. — L'existence d'un élément lipidique minimum et irréductible (voir p. 329 et graphique 14) et lié à la structure cellulaire, démontré par de nombreux travaux (Smedley Mac Lean et coll., Bélin, Raaf *et alii*), conduit à envisager la lipogénèse sous un angle différent.

Les lécithides, les stérols, les protéides pourraient former des complexes physico-chimiques, dont la structure n'est pas encore élucidée. Les lécithides, par l'orientation de leurs groupements hydrophiles et éléophiles, interviendraient dans la structure cellulaire inframicroscopique, et on présume que l'élément lipidique minimum est représenté par des phosphatides. La question se pose alors de savoir si la lipogénèse n'est pas en réalité secondaire à la phosphoaminolipogénèse. Les expériences de Schoenheimer et Rittenberg, à l'aide d'éléments marqués, ont établi, sur d'autres organismes, que certains lipides, certains acides aminés se renouvelaient à taux fixe, et seules des expériences de cette nature pourraient éclairer sur les rapports entre la protéogénèse, la phosphoaminolipogénèse et la lipogénèse.

Par contre, on est mieux renseigné, grâce à nos propres travaux et à ceux de J. Méry, sur les relations entre la lipogénèse et la production de carotènes. Les pigments caroténoïdes à localisation péri-

capsulaire chez les Rhodotorulacées ne sont jamais excrétés. Ils ne peuvent se former qu'en présence d'oxygène, et la partie caroténoïde de l'insaponifiable X tend à augmenter avec la consommation d'oxygène. Le déséquilibre azoté (Schopfer), l'emploi du glycérol (Fromageot et Tchang), celui de l'acide oléique (Luteraan et Choay), celui de la tyrosine (J. Méry) favorisent la persistance de pigments caroténoïdes liée, ainsi que nous l'avons démontré, au pouvoir antioxygène des lipides et des carotènes *in vivo* ; ce pouvoir antioxygène est donc maximum dans les conditions précitées.

7. — Rapports avec la production de pigments et d'antibiotiques.

— Si on ensemence *Penicillium chrysogenum* par points sur gélose inclinée sous huile de paraffine, il se développe un mycélium blanchâtre, mais il n'y a ni sporulation, ni production de pigments fixe ou diffusible.

L'oxygène est également nécessaire à la production de pigments mélaniques. *Dematiium pullulans* ne forme pas de pigment sur milieu normal ; mais le déséquilibre azoté, l'emploi du glycérol, celui d'acides aminés à haut potentiel, la déshydratation, tous facteurs provoquant la lipogénèse et déterminant un pouvoir antioxygène maximum des lipides et des carotènes, entraînent la production de pigments mélaniques.

Les mêmes circonstances que celles précitées entraînent, par contre, une diminution de la production de pigments diffusibles normaux, entendant par là ceux dont la formation n'est pas liée à l'action d'une tyrosinase.

Nous avons rapproché synthèse et excrétion de lipides, synthèse et excrétion de pénicilline. L'aération intense favorise aussi la production de pénicilline ; cette substance est, comme les lipides, autoxydable ; le radical acyle est celui de l'acide caproïque dans la dihydropénicilline.

8. — Rapports avec la production d'alcool.

— Toutes les circonstances tendant à abaisser le potentiel d'oxydo-réduction cellulaire (diminution de la tension en oxygène, augmentation de la concentration en glycérides dans un espace confiné, emploi de corps réducteurs tels la cystéine) favorisent la production d'alcool, qu'elle soit liée à la fermentation ou à la respiration intra-moléculaire.

Toutes les circonstances tendant au contraire à élever le potentiel d'oxydo-réduction cellulaire favorisent la lipogénèse.

A la lipogénèse constante en aérobiose, tend à se substituer la production d'alcool, lorsque la tension en oxygène diminue. Les deux processus sont associés dans la respiration intra-moléculaire

et on peut au cours de celle-ci les faire varier facilement l'un par rapport à l'autre ; le déséquilibre azoté favorise la lipogénèse et est défavorable à la production d'alcool dans ces conditions.

La synthèse de l'alcool, comme celle des lipides, à partir de l'acétaldéhyde, terme ultime du catabolisme des glycidés, constitue encore un argument en faveur de ce qui vient d'être énoncé.

Cependant, on doit faire les réserves suivantes :

— la lipogénèse, constante en aérobiose, est aussi bien observée chez des levures azymatiques ;

— lorsque la tension en oxygène est plutôt faible, la synthèse de glycogène est prédominante par rapport à celle des lipides, ainsi qu'en attestent les observations faites au niveau de voiles muqueux apparus récemment à la surface de milieux de culture liquidesensemencés avec des levures. Dans ces mêmes conditions, l'alcool éthylique, le glycérol sont glycoformateurs ou, si l'on préfère, glycogéniformateurs.

Tandis qu'en anaérobiose les synthèses correspondant au catabolisme des glycidés sont uniformes et limitées, en aérobiose elles sont très diverses. Si, de façon générale, la lipogénèse tend à se substituer plutôt que telle autre synthèse à la production d'alcool, on ne doit pas perdre de vue qu'en d'autres cas, c'est la formation de glycidés cellulaires qui prédominera.

Le tableau suivant montre la variation inverse de la lipogénèse et de la production d'alcool, sous l'action de certains facteurs :

TABLEAU XLI

	LIPOGÉNÈSE	FERMENTATION	RESPIRATION INTRA- MOLÉCULAIRE
Augmentation de la tension en oxygène	accrue	diminuée	diminuée
Glycérol	accrue	nulle	nulle
Déséquilibre azoté..	accrue		diminuée
Leucine, tyrosine, tryptophane	accrue	diminuée	diminuée
Déshydratation	accrue	nulle	nulle

Nous avons choisi à dessein, parmi les circonstances favorisant la lipogénèse, celles qui entraînent un pouvoir antioxygène maximum

des lipides et des carotènes et favorisent la production de pigments mélaniques.

Opérons la contre-épreuve avec la cystéine, qui tend à abaisser le potentiel d'oxydo-réduction cellulaire : elle favorise la production d'alcool (voir graphique 8), elle restreint la lipogénèse et fait apparaître en aérobiose plutôt la formation de glycogène, suivant nos constatations.

En conclusion, suivant des valeurs décroissantes qu'on tend à imprimer au potentiel d'oxydo-réduction cellulaire, on aura prédominance de la synthèse des lipides, puis du glycogène, enfin de l'alcool, la production de ces diverses substances par un même organisme pouvant être simultanée.

Conclusions à ce chapitre. — La confrontation de la lipogénèse avec les différentes fonctions physiologiques fait ressortir l'influence extraordinaire de l'oxygène sur ces différentes activités et permet de préciser certains rapports de la lipogénèse avec certaines d'entre elles. L'oxygène exerce une action d'ordre catalytique sur les plus importantes : la protéogénèse et la multiplication cellulaire, chez les levures. Le fait que des tensions en oxygène peu élevées permettent, par ailleurs, le développement quasi-normal d'organismes aussi bien azymatiques que zymatiques, laisse prévoir que leur potentiel d'oxydo-réduction cellulaire possède normalement une valeur particulièrement basse.

XV. — LIPOGÈNESE ET DIFFÉRENCIATION MORPHOLOGIQUE

Tandis qu'en présence d'oxygène, le déclenchement de la respiration est immédiat, la lipogénèse est plutôt une réaction à une action de longue durée de l'oxygène, ainsi que nous l'avons précisé au cours d'une publication antérieure (Langeron et Luteraan, 1948) ; une telle réaction à une action de longue durée traduit nécessairement une adaptation.

L'école française des physiologistes en matière végétale (Molliard, Combes) a établi que la différenciation morphologique s'opérait dans le sens de l'activité physiologique accrue. Il restait à vérifier cette importante loi expérimentale chez les champignons, organismes particulièrement plastiques.

1. — Rapports avec l'immersion dans les milieux de culture solides. — Ils ont été étroitement précisés dans deux publications antérieures chez les levures par Langeron et Luteraan (1948), chez les champignons filamenteux par Méry et Luteraan.

Rappelons que toutes les circonstances favorisant la lipogénèse, sauf une, l'augmentation de la concentration en glycérides à équilibre azoté, provoquent l'immersion dans les milieux de culture solides, que les pigments mélaniques peuvent s'étendre en profondeur, de sorte que le métabolisme en profondeur semble parfois se rapprocher de celui qui existe en surface. On a pu en tirer cette déduction importante que *la lipogénèse est en fait un processus biochimique anaérobie*, conformément à l'équation de Magnus-Lévy (voir p. 295) que déclenche et favorise indirectement l'oxygène.

L'immersion est une réaction à l'action de l'oxygène et nous avons précisé que les organismes présentant une tendance à s'immerger spontanément avaient un potentiel d'oxydo-réduction cellulaire particulièrement bas, ce qui a pu être démontré encore autrement.

La découverte, enfin, de l'immersion dans les milieux de culture solides (Langeron et Talice, 1932 ; Langeron et Baeza, 1936) a ouvert la voie à toute une série de recherches importantes, qui ont permis d'établir l'existence d'une *fonction antioxygène physiologique*, dont la lipogénèse est, nous le verrons, une manifestation constante.

2. — Rapports avec la filamentisation chez les levures. — *Les circonstances favorisant la lipogénèse accroissent ou font apparaître une filamentisation ou une pseudo-filamentisation chez les levures, ainsi qu'il a déjà été précisé.*

3. — Rapports avec la production de zonations. — Il est non moins remarquable que des circonstances favorisant la lipogénèse provoquent la formation de zonations concentriques, si facilement observables chez les *Aspergillacées* ou des *Phoma*.

Nous avons encore constaté que les zonations apparaissaient sur des colonies recouvertes d'huile de paraffine ou se développent sur un milieu au sulfocinate d'ammonium (2 p. 100 et gélose 2 p. 100).

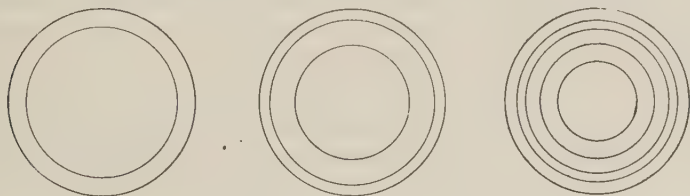
On a d'abord interprété ces zonations comme phénomène de Liesegang (Luteraan, 1946) ; mais il semble que l'interprétation de Weissberg (1947) les assimilant à des figures de Chladni soit plus proche de la réalité (fig. 4).

4. — Autres phénomènes de convergence morphologique. — Si la formation de colonies résulte d'une prolifération locale, on constate cependant que *ni du point de vue morphologique, ni du point de vue physiologique, le comportement de la colonie ne peut être considéré comme la somme des comportements individuels, dans le temps et dans l'espace*. Dans une colonie de levures, par exemple, les éléments périphériques protègent les éléments profonds contre l'action

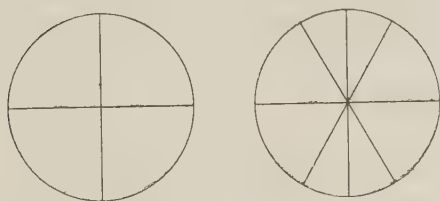
de l'oxygène. Il y a des différences dans l'âge, dans le degré de différenciation des cellules, suivant leur disposition topographique. Il y a parfois une rythmicité nette dans leur extension, comme en témoigne la présence de zonations plus ou moins évidentes. Cette exten-



Colonies divisées en secteurs par des plis ou des sillons radiaires :
A, *Microsporum audouini* ; des sillons circulaires ; B, *Trichophyton tonsurans* ;
C, *Microsporum circulus centrum*.



Vibrations circulaires d'un disque



Vibrations radiaires d'un disque
Analogie avec *Microsporum audouini*

FIG. 4. — D'après WEISSBERG.

sion peut être prédominante dans l'une des trois dimensions de l'espace. On n'est donc pas en présence d'une somme arithmétique d'individus isolés, mais on constate une synergie fonctionnelle et un degré d'évolution dans l'organisation, suivant les étapes suivantes :

— coalescence des éléments par leur capsule ;

— constitution d'éléments pseudo-mycéliens plus ou moins allongés, mais sans plasmodesmes ;

— constitution d'un mycélium.

Eléments mycéliens ou pseudo-mycéliens peuvent être agglomérés en faisceaux constituant des *coremium*.

Ce sont là autant de caractères de convergence morphologique dépendant, comme nous l'avons maintes fois indiqué au cours de publications antérieures (Langeron et Talice, 1932 ; Langeron et Guerra, 1938 ; Langeron et Luteraan, 1948), de conditions suivantes :

- tension en oxygène ;
- conditions de milieu et de culture ;
- degré d'hydratation du milieu ;
- action de corps tensio-actifs, dont certains sont des agents mutants.

Cette énumération n'est point limitative et d'autres recherches permettront de pénétrer plus avant dans ce domaine de la cytophysiologie.

La même différenciation morphologique s'opérant dans le sens d'une activité physiologique accrue se retrouve lorsqu'on s'élève dans la classification. Quelle est cette activité physiologique accrue ? C'est essentiellement l'activité antioxygène physiologique, comme il sera établi plus loin. L'action de l'oxygène se traduit par une plus grande différenciation physiologique, par une plus grande différenciation morphologique ; certains de ces caractères physiologiques et morphologiques se rapportent franchement à des réactions de défense contre une action agressive de l'oxygène. Ces caractères traduisent une adaptation à la vie aérobie, à une action de longue durée de l'oxygène.

XVI. — THÉORIES RELATIVES AU RÔLE PHYSIOLOGIQUE DE LA LIPOGÉNÈSE

1. — La lipogénèse est-elle un signe de dégénérescence protoplasmique ? — Les lipides sont particulièrement abondants dans les cultures âgées, les enclaves lipidiques les plus importantes dans les cellules âgées ou mortes.

Belin, puis Raaf ont démontré que la lipogénèse ne pouvait se produire aux dépens des matières protéiques.

Si, avec le vieillissement des cultures, la protéogénèse diminue, tandis que la lipogénèse augmente, il faut en rechercher la cause ailleurs que dans une dégénérescence cytoplasmique.

2. — Les lipides doivent-ils être considérés comme substances de réserve ? — La première théorie était fondée sur une interprétation erronée d'une apparence morphologique ; celle-ci est entachée d'une interprétation finaliste, qui s'attache au terme « substance de réserve ».

Les lipides sont évidemment les plus abondants au niveau des spores durables, chlamydospores réelles ou fonctionnelles ; mais on peut modifier par des artifices de culture cette abondance, aussi bien au niveau des spores durables que des éléments mycéliens et de spores non durables. Il nous est apparu que les lipides accumulés dans certaines conditions physiologiques avaient surtout un effet protecteur à l'égard des protéines.

D'autre part, les lipides apparaissent plus généralement comme des substances excrétées à l'égard des cellules productrices, pour lesquelles elles sont devenues inutilisables, parce que âgées ou mortes. Par contre, il est bien des cas, mais non constants, où une substance franchement excrétée, telle l'acide succinique, l'acide acétique, l'alcool éthylique, le glycérol, est utilisée lorsqu'on modifie les conditions de milieu et de culture.

A cet égard, on constate que l'utilisation de lipides accumulés par la cellule productrice est sans rapport avec la possibilité d'assimilation de l'acide oléique, par exemple, offert comme seul substrat hydrocarboné.

3. — La lipogénèse intervient-elle dans la perméabilité cellulaire ? — Cette théorie solide est basée sur le fait que différents corps gras sont tensio-actifs et, comme tels, tendent à s'accumuler au voisinage des surfaces et interfaces cellulaires.

On a examiné l'action de l'oxygène et de la réaction du milieu sur l'absorption.

Bien des circonstances tendant à modifier la valeur du potentiel d'oxydo-réduction cellulaire agissent sur la perméabilité cellulaire, et on a attribué aux surfaces cellulaires un rôle fondamental dans la desmolyse.

Mais, si bien des actions cellulaires sont des actions de surface et si les surfaces cellulaires jouent un rôle certain dans de nombreuses activités physiologiques, on ne peut conclure que les différences de perméabilité cellulaires se manifestant au cours de l'absorption, comme de l'excrétion, soient simplement liées à la lipogénèse ou à son intensité.

4. — La synthèse des corps gras intervient-elle dans la protéogénèse ? — Il existe, nous l'avons vu, un élément lipidique mini-

mum irréductible et il semble bien qu'il y ait des relations étroites entre la protéogénèse et la synthèse de lipides complexes.

Dans des conditions expérimentales, lipogénèse et protéogénèse varient en sens inverse. Mais ces deux formes de synthèse sont relativement indépendantes, comme l'a démontré Raaf, et seule l'intervention d'un troisième facteur peut expliquer leur variation inverse sans méconnaître que des corps gras puissent jouer un rôle déterminé dans la structure et le fonctionnement cellulaires.

Conclusions à ce chapitre. — Si les deux premières théories, celle de la lipogénèse comme signe de dégénérescence protoplasmique et celle des lipides comme substances de réserve, sont à rejeter, les deux suivantes ne peuvent être adoptées comme n'étant pas générales. Elles ont, toutefois, l'avantage de démontrer qu'il y a dualité physiologique des corps gras cellulaires. Dans le chapitre suivant, nous apporterons une conception plus générale sur le rôle de la synthèse et de l'excrétion des lipides simples.

XVII. — CONCEPTION ACTUELLE DU RÔLE PHYSIOLOGIQUE DE LA LIPOGÉNÈSE

Une explication théorique beaucoup plus générale se dégage de nos propres observations et expériences, sans négliger aucune des données sur lesquelles se sont appuyées les théories précédentes.

Quels en sont les éléments essentiels ?

1° *Le potentiel d'oxydo-réduction cellulaire de nombreux champignons a souvent une valeur particulièrement basse, dans des conditions de milieu et de culture normales.*

2° *La confrontation des données morphologiques et physiologiques permet d'établir qu'il y a convergence physiologique par action sur un facteur commun : la valeur du potentiel d'oxydo-réduction cellulaire.*

3° *L'oxygène exerce une action d'ordre catalytique sur bien des activités cellulaires, notamment les plus importantes : la protéogénèse et la multiplication cellulaire.*

4° *En raison de la valeur normalement basse de leur potentiel d'oxydo-réduction cellulaire et de l'action catalytique de l'oxygène, les organismes fongiques réagissent fortement à son action, soit en tentant de s'y soustraire (immersion dans les milieux de culture solides), soit en excréant des corps autoxydables (lipides, pénicil-*

line), soit en freinant leur autoxydabilité par action antioxygène chimique. L'ensemble de ces phénomènes et bien d'autres encore constituent les manifestations d'une fonction antioxygène physiologique.

5° L'oxygène stimule les déshydrogénations ; les manifestations précédentes agissent en réglant et en limitant cette action.

1. — Le potentiel d'oxydo-réduction cellulaire des champignons

A. — La notion de potentiel d'oxydo-réduction cellulaire. — Dans les processus biochimiques, il y a à tout moment un ensemble de réactions d'équilibre, équilibres électro-chimiques lorsque interviennent des corps électro-actifs, suivant l'équation générale :



Les corps électro-actifs cellulaires sont représentés par des catalyseurs enzymatiques et les réactions d'équilibre électro-chimique sont celles où ils interviennent.

La notion de potentiel d'oxydo-réduction cellulaire exprime l'état d'oxydo-réduction de l'ensemble de ces corps électro-actifs cellulaires, chacun d'eux pouvant se trouver dans un état d'oxydo-réduction variable. Aussi, substitue-t-on souvent à cette notion générale celle de rH cellulaire qui, bien qu'approximative, exprime le pouvoir réducteur de la cellule vivante ; le pouvoir réducteur maximum est celui qui correspond au rH le plus bas mesuré.

On peut considérer encore que l'évolution de l'ensemble des réactions réversibles est sous la dépendance d'un autre ensemble de réactions, elles irréversibles ; et, par analogie avec ce qui se produit dans des réactions chimiques banales, on peut exprimer cette conception ainsi qu'il suit : $D_1 \rightleftharpoons D_2 \longrightarrow L$.

Classiquement, la valeur du potentiel d'oxydo-réduction cellulaire dépend en fin de compte des vitesses de déshydrogénation et de combinaison de l'hydrogène avec l'oxygène activé par un catalyseur approprié. On admet qu'en anaérobiose, elle s'abaisse au voisinage de celle du potentiel de demi-réduction des systèmes : acétaldéhyde \rightleftharpoons alcool ou lactate \rightleftharpoons pyruvate. Par voie réciproque, une augmentation de la tension partielle en oxygène d'une atmosphère déterminée ou une stimulation anormale de la consommation d'oxygène devront correspondre avec une élévation de sa valeur.

B. — Sa valeur. — Les données physiologiques ont une certaine valeur d'orientation. Si, par exemple, un champignon tend à s'im-

merger spontanément dans des milieux de culture normaux et équilibrés, se dérochant ainsi à l'action directe de l'oxygène, on peut présumer que son potentiel d'oxydo-réduction cellulaire a une valeur normalement basse.

On peut aussi, comme l'a fait Custers, examiner l'action d'une aérobose ou d'une anaérobiose plus ou moins prolongée sur la respiration, la production aérobie de gaz carbonique, la fermentation anaérobie chez les levures.

TABLEAU XLII (d'après CUSTERS 1940)

Respiration, fermentations aérobie et anaérobie de *Brettanomyces claussenii* dans un milieu phosphaté à 2 p. 100 de glucose, à pH 4,4 et à 30° C., après entraînement dans des conditions variables d'aérobose.

TEMPS EN HEURE	APRÈS ENTRAÎNEMENT								
	EN AÉROBIOSE						en anaérobiose		
	pendant 64 heures			pendant 168 heures			pendant 144 heures		
	Q_{O_2}	$Q_{CO_2}^{O_2}$	$Q_{CO_2}^{N_2}$	Q_{O_2}	$Q_{CO_2}^{O_2}$	$Q_{CO_2}^{N_2}$	Q_{O_2}	$Q_{CO_2}^{O_2}$	$Q_{CO_2}^{N_2}$
1 ^{re} heure..	46,6	9,6	4,7	27,4	9,7	17,9	8,2	77,0	82,2
2 ^e heure..	44,6	3,7	4,4	27,5	5,6	25,7	10,0	70,4	71,2
3 ^e heure..	44,1	6,1	5,6	27,5	3,8	26,9	12,1	68,4	51,9

La durée de l'entraînement pour obtenir un effet appréciable dépend de l'espèce étudiée. En tout cas, on entraîne facilement *Brettanomyces claussenii* vers une tendance à la vie anaérobie, tandis que le contraire est observé avec *Saccharomyces cerevisiae* (souche Delft I), qui possède cependant un pouvoir fermentatif beaucoup plus élevé. *Brettanomyces claussenii*, si on se réfère en outre à ce qui a déjà été exposé, a certainement un potentiel d'oxydo-réduction cellulaire plus élevé que celui de *Saccharomyces cerevisiae* (souche Delft I), parce qu'il se comporte en aérobose (réaction de Pasteur négative selon Custers), comme d'autres levures en anaérobiose. D'ailleurs, il sera démontré que la valeur du potentiel d'oxydo-réduction cellulaire est non seulement indépendante de l'intensité du pouvoir fermentatif, mais même de l'existence d'un pouvoir zymatique.

TABLEAU XLIII (d'après CUSTERS 1940)

Respiration, fermentations aérobie et anaérobie de *Saccharomyces cerevisiae* (souche Delft I) dans un milieu phosphaté à 2 p. 100 de glucose, à pH 4,4 et à 30° C., après entraînement dans des conditions variables d'aérobiose.

TEMPS EN HEURE	APRÈS ENTRAÎNEMENT								
	EN AÉROBIOSE						en anaérobiose		
	pendant 24 heures			pendant 96 heures			pendant 72 heures		
	Q _{O₂}	Q _{CO₂} ^{O₂}	Q _{CO₂} ^{N₂}	Q _{O₂}	Q _{CO₂} ^{O₂}	Q _{CO₂} ^{N₂}	Q _{O₂}	Q _{CO₂} ^{O₂}	Q _{CO₂} ^{N₂}
1 ^{re} heure..	51,1	199,7	293,3	68,6	37,2	157,1	12,5	122,9	145,1
2 ^e heure..	45,4	266,4	196,4	75,3	51,7	167,9	8,7	120,1	127,4
3 ^e heure..	49,7	228,2	211,1	60,5	96,6	167,9	8,3	130,9	134,0

Des expériences déjà citées ont démontré que certains champignons pourvus ou non de pouvoir fermentatif étaient capables de se développer de façon quasi-normale en présence d'une faible tension en oxygène ; rappelons notamment le cas de *Candida lipolytica* et de *Geotrichum candidum*. On est nécessairement amené à envisager que leur potentiel d'oxydo-réduction cellulaire doit avoir une valeur normalement basse.

On peut nous objecter qu'une appréciation directe de la valeur du potentiel d'oxydo-réduction cellulaire par des mesures est seule intéressante. Rien n'est plus faux, car rien ne remplace l'observation du comportement physiologique, qui nous guide dans l'ordre où les expériences doivent être accomplies, pour assurer le contrôle aussi bien des méthodes que de l'idée directrice ; on ne saurait se baser sur les seuls résultats obtenus par la méthode des concordances et des variations concomitantes ; on doit procéder à l'élimination de paramètres et à des recoupements par des voies différentes. Ainsi, les méthodes colorimétriques de détermination de la valeur du potentiel d'oxydo-réduction cellulaire ne viennent-elles qu'en fin d'expérimentation, car leurs résultats doivent être interprétés avec un esprit très critique.

1° Prenons l'exemple du vert Janus, il est toxique à des concen-

trations relativement faibles ; en aérobiose, il inhibe la croissance ; en anaérobiose, c'est un inhibiteur de fermentation. Aussi, procédons-nous toujours de la manière suivante : incorporer au milieu une quantité infime de colorant, de façon à obtenir une coloration pâle, mais suffisamment nette. Avec la pointe d'une pipette stérile, mais fermée, on introduit une goutte toute petite de colorant en solution concentrée, mais non stérilisée, pour ne pas l'altérer ; si le milieu est solide, on l'introduit quand la gélose en surfusion est suffisamment froide (35°-40° C.).

2° La fixation de l'hydrogène sur le colorant constitue un système préférentiel et on ne peut le considérer autrement que comme un accepteur d'hydrogène surnuméraire ajouté au cycle des accepteurs cellulaires, avec cet inconvénient particulier qu'il s'agit d'un accepteur final qui n'a peut-être ni transporteur, ni donateur, donc irréversible dans le cas du vert Janus et du rouge neutre, tandis que le bleu de méthylène hydrogéné se recolore instantanément en présence d'air.

3° Cytologiquement, la fixation des colorants et leur réduction ont lieu en des zones cellulaires prédominantes, suivant leur nature propre : le bleu de méthylène est rapidement réduit lors de la pénétration cellulaire, la réduction du rouge neutre s'opérerait principalement au niveau des éléments du vacuome. Plus spécifique, la réduction du vert Janus présente un intérêt particulier, parce qu'elle s'opérerait au niveau des éléments du chondriome ; rappelons que le chondriome a une structure lipido-protéidique et que ses éléments prennent la plupart des colorants des corps gras, une fois les lipides démasqués par fixation, que le chondriome serait le support du glutathion et cette substance participerait à la genèse du chondriome selon Joyet-Lavergne.

4° On doit étroitement distinguer les réductions qui s'opèrent au niveau cellulaire et celles qui s'opèrent dans le sein du milieu ; ces dernières sont liées à l'excrétion de substances réductrices. Dans les cas limites, en anaérobiose, on ne peut véritablement apprécier que la réduction du milieu et on y est autorisé en raison de l'importance des réactions enzymatiques en surface dans ce cas particulier, où la réduction du milieu n'est pas liée à l'excrétion de substances réductrices, mais bien à l'action des surfaces cellulaires.

5° Nous n'insisterons pas sur une précaution fondamentale : éliminer toute souillure bactérienne et vérifier constamment leur absence.

6° Finalement, l'emploi judicieux de la méthode colorimétrique donne une appréciation intéressante du pouvoir réducteur cellulaire.

En anaérobiose (méthode des fermentations de Langeron et Guerra), on a réduction successive dans le temps, comme le fait remarquer Istin, de la thionine, du bleu de crésyl brillant, du bleu de méthylène, du bleu de Nil, du vert Janus ; celui-ci n'est pas réduit avec la levure employée par Istin, ni avec *Torulopsis utilis* ; il est réduit par *Candida krusei*, par *Saccharomyces uvarum*, par *Saccharomyces carlsbergensis*, etc... et même par des levures azymatiques sous huile de paraffine, par exemple *Candida lipolytica*, *Geotrichum candidum*, qui se placent à l'interface milieu-huile de paraffine. Il n'a jamais été observé de réduction du rouge neutre en anaérobiose au cours de nos expériences avec les levures. De ces premiers résultats, on peut conclure que le pouvoir réducteur est indépendant de l'existence d'un pouvoir zymatique.

En aérobie, avec des milieux de culture équilibrés, on constate que le pouvoir réducteur est plus important qu'en anaérobiose. Ainsi, *Torulopsis utilis* cultivé sur milieu glycosé peptoné ne réduit pas le vert Janus en anaérobiose, mais le réduit fortement en aérobie. D'autre part, certains champignons réduisent en aérobie le rouge neutre : *Candida krusei*, *Candida lipolytica*, *Geotrichum candidum*, *Dematium pullulans*, *Penicillium candidum*, etc... ; ces champignons finissent également par réduire le colorant dans le sein du milieu (1).

Examinons maintenant l'action d'un déséquilibre azoté ou de la tyrosine sur la réduction de colorants. Avec *Candida lipolytica*, *Geotrichum candidum*, *Penicillium candidum*, il n'y a plus réduction ni du bleu de méthylène, ni du vert Janus, ni du rouge neutre. On peut conclure que la valeur du potentiel d'oxydo-réduction cellulaire est bien élevée dans ces conditions. Est-ce à dire que les processus de déshydrogénation sont réduits, puisque des accepteurs étrangers au système cellulaire ne peuvent plus capter l'hydrogène ? Il est certain qu'un mécanisme compensateur, lipogénèse par exemple, vient régler et limiter les processus de déshydrogénation que stimule l'oxygène. Mais, d'autre part, les processus de déshydrogénation sont d'autant plus importants que le potentiel d'oxydo-réduction cellulaire tend à être davantage élevé au delà de sa valeur normale. Ainsi, à la déshydrogénation de l'acide lactique, des alcools, correspond une élévation adaptative du potentiel d'oxydo-réduction

(1) La réduction dans le sein du milieu paraît être plus particulièrement en rapport avec le métabolisme et la diffusion de composés à groupement fonctionnel sulfhydryle ; en effet, si on ajoute de la cystéine à un milieu de culture que l'onensemence, par exemple avec *Candida pelliculosa*, la réduction du bleu de méthylène incorporé au milieu est plus particulièrement rapide et complète.

cellulaire, dont témoigne l'immersion fréquente dans les milieux de culture solides en ces cas, l'immersion constituant une réaction aux actions qui tendent à élever le potentiel d'oxydo-réduction cellulaire au delà de sa valeur normale. Donc, la non réduction des colorants dans les conditions décrites plus haut indique non pas l'absence de déshydrogénation, mais leur limitation par un mécanisme compensateur ou réactionnel aux circonstances qui tendent à élever le potentiel d'oxydo-réduction cellulaire. Mais même dans ces conditions, le rôle d'accepteurs étrangers dévolu à ces colorants n'est pas nul ; sur milieu tyrosine-glycose, le bleu de méthylène, à un degré moindre le vert Janus hâtent la production du pigment mélanique diffusible de *Candida lipolytica*, tandis que le rouge neutre paraît plutôt la retarder. L'ensemble de ces constatations montre que si la méthode colorimétrique permet une mesure approximative de la valeur du potentiel d'oxydo-réduction cellulaire, elle ne permet pas à elle seule de donner une interprétation des résultats obtenus. Dans le cas présent, elle ne vient que confirmer des résultats expérimentaux déjà acquis, dont les principaux sont les suivants :

— la valeur du potentiel d'oxydo-réduction cellulaire est indépendante de l'existence d'un pouvoir fermentatif chez les levures ;

— les circonstances favorisant la lipogénèse sont bien celles qui tendent à élever le potentiel d'oxydo-réduction cellulaire au delà de sa valeur normale.

2. — La notion de convergence physiologique

La lipogénèse est constante en aérobiose ; qu'elle s'accroisse sous l'effet d'une tension en oxygène plus forte, d'une stimulation de la respiration, de l'action des nitrates, d'une acidification progressive du milieu, d'un déséquilibre azoté, de la déshydratation, indique qu'il y a action finale sur un facteur commun ; en l'occurrence, ce facteur est le potentiel d'oxydo-réduction qui tend à être élevé au delà de sa valeur normale.

La *convergence physiologique* peut être définie comme l'obtention d'une action finale identique sur un même facteur physiologique (pression osmotique intra-cellulaire, potentiel d'oxydo-réduction cellulaire, etc...), à partir de circonstances très différentes et indépendantes les unes des autres.

Ce qui est dit à propos de la lipogénèse s'étend évidemment à la production d'alcool éthylique, à la production de pigments caroténoïdes, à celle de pigments mélaniques, etc...

TABLEAU XLIV

Convergence physiologique chez les levures

	LIPOGENESE	PERSISTANCE : PIGMENTS CAROTÉNOÏDES	IMMERSION	RESPIRATION	FERMENTATION	CROISSANCE
Alc. éthyl.....	+		+		0	—
Glycérol.....	+	+	+		0	—
Dés. azoté.....	+	+	+			—
Nitrate K.....	+		+		—	—
Tyrosine.....	+	+	+	+	—	—
Leucine.....	+	+	+	+		—
Augm. conc. glucides.....	+	+ ou —	—	+ ou —	+	—
Ac. gras.....	+	+	+ ou —		0	—
Acidification du milieu.....	+		+	+	+	—
Déshydratation...	+	+	+			—

TABLEAU XLV

Convergence physiologique chez les champignons filamenteux

	LIPOGENESE	Pig. MÉLANIQUES	IMMERSION	ZONATIONS	P. DIFF.	RESPIR.	RESP. INTRA-MOL.
Alc. éthyl.....	+		+	+	0		0
Glycérol.....	+	+	+	+	0		0
Dés. azoté.....	+	+	+	+	—		—
Nitrate K.....	+		+	+	—		+
Tyrosine.....	+	+	+	+	+ ou —	+	—
Leucine.....	+	+	+		—	+	—
Aug. conc. glucides.....	+	+ ou —	0	0	+	+ ou —	+
Ac. gras.....	+	+ ou —	+ ou —	+ ou —	0		0
Acidification du milieu.....	+		+	+	—	+ ou —	+
Déshydratation.	+	+	+	+	+ ou —		0

Les indicatifs + et — signifient respectivement : augmenté, diminué.

On constate que intensité de la lipogénèse et de la protéogénèse (non figurée sur le tableau XLV) varient en sens inverse. Certaines circonstances favorisant la lipogénèse augmentent identiquement la production et la persistance des pigments caroténoïdes d'une part, la production de pigments mélaniques d'autre part. Il y a des relations étroites entre la lipogénèse et l'immersion dans les milieux de culture solides ; cependant, l'immersion n'est pas constante dans toutes les circonstances favorisant la lipogénèse. Parfois, des circonstances analogues favorisent la production de lipides et d'alcool éthylique, mais il est facile de les faire varier en sens inverse l'un de l'autre, en agissant sur un troisième facteur (tension partielle en oxygène, équilibre azoté, etc...). Enfin, la fermentation alcoolique et la respiration intra-moléculaire apparaissent bien comme des processus indépendants ; la fermentation alcoolique est diminuée en présence de nitrates et la respiration intra-moléculaire en général marquée.

3. — La lipogénèse comme manifestation d'une fonction antioxygène physiologique

Qu'il s'agisse de corps gras, de pigments, d'antibiotiques, etc..., leur formation n'a lieu qu'en aérobiose. *Mais elle n'est pas immédiate et constitue une réaction à une action de longue durée de l'oxygène.* Tandis que l'action de l'oxygène est immédiate sur le déclenchement de la respiration, il faut un certain temps d'exposition à son action pour obtenir une lipogénèse appréciable, la production de pigments ou d'antibiotiques.

Cette constatation a amené à formuler l'hypothèse suivante : N'y a-t-il pas à côté de la respiration des processus physiologiques tendant à régler et à limiter la consommation d'oxygène ?

Giaja et Markovic emploient la levure de distillerie pressée et constatent que la consommation d'oxygène n'est pas proportionnelle à la densité d'une culture (tableau XLVI).

TABLEAU XLVI (d'après GIAJA et MARKOVIC)

QUANTITÉ DE LEVURE	CONSOMMATION RELATIVE D'OXYGÈNE
10	10
5	9,7
2	5,7
1	4,0

Ceci est schématique, comme la constatation suivante faite par Fromageot et Bost qui étudient le pouvoir réducteur de la levure vivante au cours de la fermentation alcoolique : le RH semble augmenter avec la diminution du pH et du nombre de cellules présentes (Fromageot et Bost).

Ces constatations incitent à concevoir qu'au cours de la vie en colonie, s'établissent des manifestations d'un pouvoir antioxygène physiologique.

Dans de nombreux cas, on observe effectivement que la consommation d'oxygène diminue avec le temps, sans qu'on puisse, dans des cultures jeunes de deux à cinq jours, invoquer la mort de nombreux éléments cellulaires, les observations précises de Langeron et H. Lenormand ayant démontré que le nombre de cellules vivantes est maximum au cours de cette période.

Nickerson et Carroll (1947) étudient les variations de la respiration avec l'âge des cultures et suivant des conditions d'aéro- ou d'anaérobiose préalables. L'organisme utilisé est *Zygosaccharomyces acidifians*. Au bout de 48 heures, à 28° C., la consommation d'oxygène est environ la moitié de celle constatée au bout de 24 heures :

TABLEAU XLVII (d'après NICKERSON et CARROLL)

ENTRAÎNEMENT PRÉALABLE	QO ₂ EN L'ABSENCE DE SUBSTRAT	QO ₂ EN PRÉSENCE DE SUBSTRAT
24 heures en aérobie ..	23	60
48 heures — ..	10	35
72 heures — ..	9	35,5
7 heures en anaérobiose.	13	17

Il est intéressant de rapprocher ces résultats de ceux obtenus par Custers avec *Brettanomyces clausseni* et qui sont analogues pour cette levure (voir tableau XLII). Il est évident que chez *Zygosaccharomyces acidifians* et chez *Brettanomyces clausseni*, il s'est établi un processus physiologique tendant à régler et à limiter la consommation d'oxygène. On objectera que dans l'expérience de Custers, une observation inverse est faite avec *Saccharomyces cerevisiae* (souche Delft I) ; indiquons simplement que le potentiel d'oxydo-réduction cellulaire semble avoir une valeur plus élevée chez cette levure que chez les deux précédentes.

Dans la vie en colonies, les éléments cellulaires profonds sont protégés contre l'oxygène par les éléments superficiels ; c'est à la surface des colonies de Rhodotorulacées qu'apparaissent et restent souvent localisés les pigments caroténoïdes (J. Méry) ; c'est à la surface des vieilles colonies qu'apparaît la pellicule brune d'autoxydation des lipides.

La notion de fonction antioxygène physiologique s'impose, car il est évident que plus le potentiel d'oxydo-réduction cellulaire est bas en aérobiose, plus l'action de l'oxygène serait intense à l'égard de tels organismes ; un nouveau facteur physiologique doit intervenir nécessairement pour régler et limiter cette action de l'oxygène sur la respiration et sur d'autres activités métaboliques.

En fait, cette fonction antioxygène physiologique comporte des manifestations très différentes :

1. — La plus constante, la seule même qui paraisse constante, est la lipogénèse. La synthèse et l'excrétion de lipides sont les plus marquées chez les organismes à pouvoir réducteur le plus puissant.

L'augmentation de la pression en oxygène et toutes les circonstances qui stimulent les déshydrogénations favorisent la lipogénèse. Dans ces mêmes conditions, la production de glycérides cellulaires n'est pas augmentée ; ces derniers ne font donc équilibre qu'au seul catabolisme des glycérides. La lipogénèse fait équilibre non seulement au catabolisme des glycérides, mais à l'activité desmolytique tout entière. Il y a activation le long de la « chaîne respiratoire » (Wurmser), lorsqu'il y a stimulation des processus de déshydrogénation ou lorsque, par déficience en azote, les réactions secondaires greffées le long de cette chaîne (équilibre entre acides aminés et diacides correspondants) sont diminuées. L'expérience si élégante de Raaf avec la permutite confirme cette hypothèse. Ainsi, on peut affirmer qu'*aux processus de déshydrogénation et de transfert catalytique de l'hydrogène, fait équilibre la synthèse de corps très réduits.*

Finalement, les lipides paraissent excrétés et l'organisme semble se débarrasser ainsi de corps autoxydables. Toutefois, on peut se demander quel rôle est dévolu à l'autoxydabilité de certains corps gras ; il semble que l'autoxydation vienne équilibrer de nouveaux processus de déshydrogénation et de synthèse de corps très réduits.

2. — Une seconde manifestation du pouvoir antioxygène physiologique est le pouvoir antioxygène mutuel des lipides et des carotènes *in vivo*. Ici encore, il semble que le maintien du potentiel d'oxydo-réduction cellulaire à un niveau constant soit établi par le jeu antagoniste de l'autoxydabilité des corps gras, réglé par le pou-

voir antioxygène réciproque des lipides et des carotènes. Il a été démontré que certaines circonstances, tendant à élever le potentiel d'oxydo-réduction cellulaire, renforcent non seulement la production de pigments caroténoïdes chez les Rhodotorulacées, mais le pouvoir antioxygène des lipides et des carotènes *in vivo*.

3. — Une troisième manifestation est l'excrétion franche de corps autoxydables tels que la pénicilline.

4. — Une quatrième manifestation évidente est l'immersion dans les milieux de culture solides, aussi bien chez les levures que chez les champignons filamenteux.

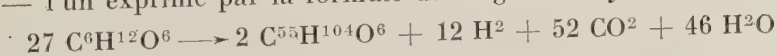
5. — Enfin, on peut considérer que la production de pigments mélaniques constitue encore une manifestation du pouvoir antioxygène physiologique. Il a été établi que les pigments mélaniques étaient les plus abondants, chez diverses Dématiacées, au niveau des membranes des cellules âgées ou mortes, et on ne peut les considérer dans ces cas que comme de véritables substances d'excrétion.

La liste de ces manifestations d'un pouvoir antioxygène physiologique n'est pas close ; leur importance et leur généralité s'affirment constamment chez l'ensemble des organismes aérobies. On devra désormais étudier, à côté de la respiration, les formes de cette activité physiologique très particulière et jusques là méconnue.

4. — Les processus de déshydrogénation en aérobiose. — Ce qui étonne, c'est la diversité des processus de déshydrogénation en aérobiose ; même en ce qui concerne des processus appelés oxydations directes ou oxydations extrinsèques, il semble s'agir de processus de déshydrogénation ; par exemple, l'acide gluconique est formé à partir du glycose, par l'intermédiaire de la glucose déshydrase (Harrison).

Dans la lipogénèse, on admet (voir page 295), en raison de la valeur du quotient respiratoire constamment supérieure à l'unité, l'association en part variable de deux processus :

— l'un exprimé par la formule de Magnus Lévy :



— l'autre d'oxydation du glycose :



En somme, il y aurait conversion de glycidés en glycérides, par une série de déshydrogénations et de décarboxylations enzymatiques.

La synthèse de corps très réduits s'accompagnerait donc de déshydrogénations, ce qui n'est pas l'aspect le moins paradoxal de la

question. Ceci n'exclut pas, comme l'indique schématiquement la figure 3, que la lipogénèse fasse équilibre à l'ensemble des transferts catalytiques d'hydrogène représentés par le système desmolytique, car le système desmolytique est d'un fonctionnement rapide, la lipogénèse est un processus lent et d'évolution uniforme ou presque, comme il sied à un système régulateur.

Des processus de déshydrogénation accompagnent également la production de pigments caroténoïdes et probablement celle de pigments mélaniques.

Par contre, en anaérobiose, où le système desmolytique ne fonctionne pas, où la synthèse de corps très réduits fait défaut, les processus de déshydrogénation sont forcément très réduits.

En aérobie, les processus de déshydrogénation seraient les plus intenses chez les levures : à potentiel d'oxydo-réduction cellulaire le plus bas, pouvoir réducteur le plus puissant ; elles ont un pouvoir lipoformateur élevé.

Donc, l'organisme lutte moins contre les déshydrogénations qui entraîneraient théoriquement un abaissement progressif du potentiel d'oxydo-réduction cellulaire que contre l'oxygène, qui stimule à la fois les processus de déshydrogénation et les processus de réduction.

5. — Le rôle catalytique de l'oxygène. — Finalement, l'oxygène nécessaire paraît jouer un rôle catalytique sur diverses activités cellulaires : multiplication cellulaire, production d'alcool, lipogénèse. On peut parler d'une action catalytique sur la multiplication cellulaire, puisque l'introduction de traces de cette substance dans un milieu anaérobie permet à nouveau la multiplication de la levure et sa croissance. Une constatation du même ordre a été faite chez certaines levures azymatiques. L'action catalytique de l'oxygène sur la fermentation alcoolique est indéniable. *La lipogénèse se produit dans le sein de cultures immergées et pourtant la synthèse de corps très réduits ne peut être obtenue en anaérobiose.*

Ceci amène à concevoir que l'action catalytique de l'oxygène sur les diverses manifestations précitées : multiplication cellulaire, protéogénèse, production d'alcool éthylique, lipogénèse, doive s'effectuer par l'intermédiaire d'un système oxydo-réducteur à potentiel particulièrement bas, à savoir par le glutathion en particulier.

D'ailleurs, l'action de corps possédant un groupement sulfhydryle sur ces mêmes manifestations fait présumer fortement que l'action de l'oxygène s'exerce par l'intermédiaire de ces groupements se trouvant à un état d'oxydo-réduction variable dans les différents enzymes ou constituants cellulaires.

En résumé, la protéogénèse est maxima pour de faibles valeurs du potentiel d'oxydo-réduction cellulaire normalement rencontrées chez les levures et d'autres champignons.

Bien des manifestations physiologiques et morphologiques tra-duisent chez les champignons une adaptation à la vie aérobie habi-tuelle, la tension en oxygène paraissant déjà excessive dans une atmosphère normale ; il existe donc, à côté de la respiration, une fonction antioxygène physiologique, dont les manifestations sont variées et plus ou moins rapidement évidentes, ceci non seulement chez les champignons, mais encore chez les végétaux et les animaux.

XXIX. — RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS

Le présent exposé comporte quatre parties :

Dans la première (I et II), la préoccupation essentielle des au-teurs est de définir, chez les champignons, les activités physiologi-ques dont l'étude sera reprise.

Ils distinguent, aux points de vue biologique, morphologique, phy-siologique et biochimique, la fermentation alcoolique et la respira-tion intra-moléculaire. La fermentation propre et la résistance à l'asphyxie sont également des phénomènes distincts ; le dernier, comme toute activité physiologique en anaérobiose absolue, doit être considéré comme un phénomène résiduel ou comme le reliquat d'une adaptation, car les champignons sont sans exception des orga-nismes aérobies.

Sur un autre point, les auteurs précisent les relations si impor-tantes entre la respiration et l'excrétion.

Enfin, on ne peut étudier la lipogénèse, comme activité physiolo-gique constante en aérobiose, sans envisager ses rapports avec les caractères biologiques de groupes ou d'espèces. A mesure qu'on s'élève dans la classification, on constate une diversité accrue des réactions des organismes fungiques à une action de longue durée de l'oxygène ; il y a donc adaptation à la vie aérobie, telle qu'elle nous apparaît normale.

La deuxième partie (III-XIII) est purement analytique.

Quelle est l'action de chaque facteur particulier (oxygène, glyci-des, autres substances ternaires, substances azotées, substances complexes ou en mélange, pression osmotique, réaction du milieu, facteurs oligo-dynamiques) sur la lipogénèse, considérée comme la seule synthèse des acides gras et des graisses neutres ?

Quelle est, en même temps, l'action de ces différents facteurs sur

la multiplication cellulaire, la protéogénèse, l'absorption, l'assimilation, la respiration, l'excrétion et sur des métabolismes particuliers tels que production d'alcool, de pigments, d'antibiotiques ?

Deux facteurs prennent une importance particulière : l'oxygène et le facteur azoté.

Quant aux rapports de la lipogénèse avec les processus de déshydrogénation, ils ne laissent aucun doute.

Il y a variation inverse, entre certaines limites, de la lipogénèse et de la protéogénèse.

A la lipogénèse, constante en aérobiose, tend à se substituer la synthèse de l'alcool éthylique lorsque la tension en oxygène diminue ou sous l'action de facteurs qui tendent à abaisser la valeur du potentiel d'oxydo-réduction cellulaire.

Les circonstances qui favorisent particulièrement la lipogénèse sont bien celles qui tendent à élever le potentiel d'oxydo-réduction au delà de sa valeur normale.

Ces constatations amènent tout naturellement à la troisième partie (XIV et XV), où l'on confronte la lipogénèse avec les différentes activités physiologiques considérées indépendamment et avec la différenciation morphologique ; celle-ci paraît bien s'exercer dans le sens de l'activité physiologique accrue. Quelle est cette activité ? Celle par laquelle l'organisme tend à régler et à limiter l'action de l'oxygène qui exerce normalement une action d'ordre catalytique sur la multiplication cellulaire et la protéogénèse et qui, en excès, stimule considérablement les processus de déshydrogénation.

Quelles notions théoriques se dégagent des faits d'observation et d'expérimentation ? C'est ce qui se trouve exposé dans la quatrième partie (XVI et XVII).

On ne saurait plus considérer la lipogénèse comme un signe de dégénérescence cellulaire et, non plus, les lipides comme des substances de réserve. Les auteurs écartent résolument ces conceptions finalistes.

Les rapports entre la synthèse des corps gras et la perméabilité cellulaire d'une part, la protéogénèse d'autre part, retiennent particulièrement leur attention.

Certaines propriétés des corps gras intéressent plus particulièrement le biologiste : ils peuvent être très réduits, autoxydables, tensio-actifs, en même temps qu'ils peuvent constituer des solvants particuliers ; toutes ces propriétés doivent être prises en considération lorsqu'on tente d'expliquer le rôle physiologique de la lipogénèse.

On constate encore qu'il y a une dualité physiologique des corps

gras : certains sont liés à la structure cellulaire, d'autres, au même moment, sont accumulés, voire excrétés, sous la forme d'enclaves cellulaires les plus importantes dans les cellules âgées ou mortes.

La lipogénèse se place dans le cadre d'une étude de la synthèse des corps gras en général et on ne dispose que de peu de données expérimentales à ce sujet ; on peut concevoir que la lipogénèse soit secondaire à la phospho-amino-lipogénèse et sous la dépendance du taux de renouvellement des phospho-amino-lipides ; on sait, par ailleurs, que les phosphates sont indispensables à la production des pigments caroténoïdes chez les Rhodotorulacées, organismes particulièrement riches en phosphore, sous une forme encore indéterminée (Champeau et Luteraan) ; ils sont nécessaires à la production de lipides, comme il ressort de l'observation faite par divers auteurs.

Cependant, revenant directement à des faits d'observation et d'expérience, les auteurs apportent une conception plus générale du rôle de la lipogénèse, tout en tenant compte des éléments mis en évidence dans les théories précédentes. La découverte faite par l'un d'eux (Langeron, 1932, 1936) de l'immersion chez les levures et chez les champignons filamenteux a permis une interprétation qui n'est pas simplement théorique, mais basée sur des faits précis et contrôlés, qui sont les suivants :

1° L'oxygène exerce normalement une action d'ordre catalytique sur les deux fonctions cellulaires fondamentales : la multiplication cellulaire et la protéogénèse, chez les champignons.

2° Bien des champignons présentent, en aérobiose et sur milieu équilibré, une valeur particulièrement basse de leur potentiel d'oxydo-réduction cellulaire, qu'ils soient ou non zymatiques.

3° Les champignons ayant un pouvoir réducteur puissant ont en même temps un pouvoir lipoformateur intense et ils se montrent particulièrement sensibles à l'action de l'oxygène ou aux circonstances qui tendent à élever la valeur de leur potentiel d'oxydo-réduction cellulaire : augmentation de la tension en oxygène, stimulation, du moins initiale, de la respiration, déséquilibre azoté, etc...

4° La lipogénèse fait équilibre, non seulement au catabolisme des glycérides, mais à l'activité desmolytique, c'est-à-dire à l'ensemble des processus de déshydrogénation et de transfert catalytique de l'hydrogène.

5° L'organisme fongique lutte moins contre les processus de déshydrogénation que contre l'oxygène qui stimule ces derniers.

6° En effet, il se dérobe à l'action de l'oxygène en s'immergeant, excrète plus ou moins franchement des corps autoxydables, freine

l'autoxydabilité des lipides par l'action antioxygène des lipides et des carotènes.

7° Il y a convergence physiologique par action sur un facteur commun, le potentiel d'oxydo-réduction cellulaire, qui tend à être élevé au delà de sa valeur normale. Les manifestations précédentes sont donc celles d'une fonction antioxygène physiologique qui s'établit à côté de la respiration ; elles apparaissent avec évidence au cours d'une action de longue durée de l'oxygène ; elles traduisent donc une adaptation à la vie aérobie telle qu'elle nous apparaît normale.

Justifiée par les faits, cette théorie donne encore plus de vigueur aux conceptions de H. Wieland et permet de les relier, sur le plan physiologique, avec les catalyses d'autoxydation et les actions antioxygènes découvertes par Moureu et Dufraisse.

Une dernière question se pose : Quel est le facteur biochimique réglant les rapports de la lipogénèse avec la protéogénèse, la production d'alcool, de pigments, etc... ? Il semble qu'il s'agisse du groupement sulfhydrile -SH présent dans des protéines, des acides aminés, le glutathion, de nombreuses diastases, voire des hormones animales. Il a une valeur différente suivant les corps précités ; il y a à tout moment un certain rapport entre le nombre de groupements sulfhydrile et disulfure ; c'est dans ce sens que permettent de s'orienter les travaux de Hopkins, de Wurmser, de Joyet-Lavergne *et alii*, ainsi que quelques-unes de nos constatations personnelles.

BIBLIOGRAPHIE

- ALTMAN. — *J. Biol. chem.*, CLXVI, 1946, 140.
 AUBEL et HOUGET. — *C.R. Ac. Sc.*, CCIX, 1939, 259.
 BACH (M.-D.). — *C.R. Ac. Sc.*, CLXXXVII, 1928, 255.
 BAUERNEFELD, SOTIER et BORUFF. — *Ind. eng. chem.*, Anal. ed. XIV, 1942, 271.
 BELIN. — *Bull. Soc. ch. biol.*, VIII, 1926, 1081.
 BELVAL et LEGRAND. — *C.R. Ac. Sc.*, CCXIX, 1944, 525.
 BÉRAUD. — *La lipogénèse dans le monde des microbes et des végétaux inférieurs*.
 Ed. de la Maison de la Chimie, n° 729, 1941-42.
 — *La biologie de la levure dans ses rapports avec les diverses industries*.
Fermentations, vol. II, Ed. de la Maison de la Chimie.
 — *C.R. Soc. biol.*, CXXXI, 708.
 BERNHAUER. — *Oxydative Gärungen*. In Nord und Weidenhagen.
 BERNHEIM. — *J. bact.*, XLIV, 1942, 533.
 BINET. — *Traité de physiologie* de Roger et Binet, tome XII.
 BLINC et BOJEC. — *Archiv f. Mikrobiol.*, XII, 1941-42, 41.
 BOURQUELOT. — *Soc. mycol. de France*, VI, 1890, 150.
 BRAUNSTEIN et KRITZMANN. — *Enzymologia*, II, 1947, 129.

- BROWAEYS. — *C.R. Soc. biol.*, CXL, 1946, 729.
- BROWN (A. J.). — *J. chem. Soc.*, LXXXVII, 1905, 1395.
- BROWN (H. T.). — *Ann. Bot.*, XXVIII, 1914.
- BUELL (C. B.) et WESTON (W. H.). — *Am. J. bot.*, XXXIV, 1947, 555.
- BURTON, EAGLES et CAMPBELL. — *Can. J. res.*, Sec. C, Bot. sc., XXV, 1947, 121.
- BUVART.
- CHAMPEAU et LUTERAAN. — *Ann. paras.*, XXI, 1946, 345.
- CHEVILLARD, HAMON, MAYER et PLANTEFOL. — *Ann. de physiol. et de physico-chimie biol.*, VI, 1930.
- CLIFTON. — *Ant. van Leeuw.*, XII, 1947, 186.
- COLIN. — *La chimie des plantes*, Flammarion, Paris, 1945.
- COMBES. — *La forme des végétaux et le milieu*, 1947, Armand Colin, n° 240.
- *La vie de la cellule végétale*, Armand Colin, n°s 96, 109, 203.
- COMBES et GERTRUDE. — *C.R. Ac. Sc.*, CCVIII, 1939.
- CORI (C. F.), CORI (G. T.) et GREEN (A. A.). — *J. Biol. Chem.*, CLI, 1943, 39.
- CORI (C. F.), SCHMIDT (G.) et CORI (G. T.). — *Science*, LXXIX, 1939, 464.
- COURTOIS. — Les facteurs de croissance de la levure. *Fermentations*, vol. I, Ed. de la Maison de la Chimie.
- CUSTERS. — *Onderzoekingen over het gistgestlacht Brettanomyces*. Thèse sc., Delft, 1940.
- DAMM. — *Chem. Ztg.*, LXVII, 1943, 47.
- DENYS COCHIN. — *Ann. chim. et phys.*, XXI, 1881, 55.
- DEUX. — *Le rôle de l'oxygène et des substances réductrices en brasserie*. Ed. de la Maison de la Chimie, n° 1376.
- DIDIER BERTRAND, BELVAL et LÉGRAND. — *C.R. Ac. Sc.*, CCXXIII, 1946, 1189.
- DIDDENS et LODDER. — *Die anaskosporegenen Hefen*. Thèse d'Amsterdam, 1942.
- DIENERT. — *Ann. Inst. Pasteur*, XIV, 1900, 139.
- DIXON (K. C.) et HOLMES (E. G.). — *Nature*, CXXXV, 1935, 995 et CXXXVII, 1936, 742.
- DIXON (M.). — *Manometric Methods*, Cambridge, 1934.
- DOLCE (E. A.) et NICKERSON (W. J.). — *Arch. derm. syphil.*, LV, 1947, 379.
- DRABKIN et MEYERHOF. — *J. Biol. Chem.*, CLVII, 1945, 563.
- DUCLAUX. — *Traité de microbiologie*, 1898, Masson et Cie.
- DUFRAISSE. — Catalyse d'autoxydation ; antioxygènes. In *Traité de chimie org.*, sous la dir. de V. Grignard, T. II, fasc. 2.
- DUFRÉNOY (J.) et LANGERON (M.). — *Ann. de paras.*, XXIII, 1948, 222-274.
- EFFRONT. — *C.R. Ac. Sc.*, CLXXXIV, 1927, 1302.
- EMBDEN et SCHMITZ. — *Bioch. Ztschr.*, XXIX, 1910, 423 et XXXVIII, 1912, 393.
- FERNBACH et SCHILLER. — *C.R. Ac. Sc.*, 1924, 2196.
- FINK, HAESELER et SCHMIDT (M.). — *Woch. f. Brauerei*, LIV, 1937, 89.
- *Zts. f. Spiritusindustrie*, LX, 1937, 74.
- FINK et JUST. — *Bioch. Ztschr.*, CCC, 1938, 84.
- FISCHER et THIERFELDER. — *Ber. d. ch. Ges.*, 1894, 2031.
- FODOR et SCHOENFELD. — *Bioch. Zts.*, CCXXXIII, 1931, 243.
- FRÈREJACQUE. — *C.R. Ac. Sc.*, CCXVII, 1943, 251.
- FROMAGEOT. — Le mécanisme des actions enzymatiques. *Produits pharmaceut.*, I, 1946.
- FROMAGEOT et DESNUELLE. — *Bull. Soc. ch. biol.*, XVIII, 1936, 820.
- FROMAGEOT et BOST. — *C.R. Ac. Sc.*, CGIV, 1937, 1008.
- FROMAGEOT et JOUÉ. — *Archiv f. Mikrob.*, IX, 1938, 424.
- FROUIN. — *C.R. Ac. Sc.*, CLXX, 1920, 1471.

- FROUIN et GUILLAUMIÉ. — *Bull. Soc. ch. biol.*, VIII, 1926, 1178.
 FUHRMANN (F.). — *Einführung in die Grundlage der technischen Mykologie*, 1926, Fischer, Iéna.
 GASSER et STAMPA. — *Rev. int. agr.*, XXXV, 1944, 10.
 GENEVOIS, PEYNAUD et RIBEREAU-GAYON. — *C.R. Ac. Sc.*, CCXVI, 1948, 126.
 GERTRUDE. — *Revue gén. de bot.*, XLIX, 1937.
 GIAJA et MARKOVIC. — *C.R. Soc. biol.*, CXIX, 1935, 639.
 GLASER. — *Ztschr. physiol. Chem.*, CLXVI, 123.
 GOLUMBIC. — *Oil and soap*, XXIII, 1946, 184.
 GORDON, MARTIN and SYNGE. — *Bioch. J.*, XXXVII, 1943, 315.
 GOTTLIEB (D.) et ANDERSON (W. H.). — *Science*, CVII, 1948, 172.
 GOUREVITCH. — *C.R. Soc. biol.*, CXXVII, 1938, 216.
 GROSS et WERKMAN. — *Ant. van Leeuw.*, XXXII, 1947, 17.
 GUERRANT. — *J. Agr. Res.*, XXXV, 1927, 1001.
 GUILLIERMOND, FONTAINE et RAFFY. — *C.R. Ac. Sc.*, CCI, 1935, 1077.
 GUILLIERMOND et GAUTHERET. — *C.R. Ac. Sc.*, CCVI, 1938, 1048.
 GUNTHER (G.) et BONHOEFFER (K. F.). — *Ztschr. phys. Chem.*, A, CLXXXIII, 1939, 1.
 HAEHN et KINTOFF. — *Chem. der Zelle und Gew.*, XII, 1926, 115. — *Ber. chem. Ges.*, LVI, 1923, 439.
 HALDEN. — *Ztschr. physiol. Chemic*, CCXXV, 1934, 249.
 HARDEN et YOUNG. — *Proc. Roy. Soc.*, LXXXI, 1909, 336.
 — *Centralblatt f. Bakt.*, XXVI, 1910, 179.
 HARDEN (A.). — *Alcoholic fermentation*. Monographs on Biochemistry, 1932, 4^e éd., London.
 HARFELIUS. — *Bioch. Ztschr.*, CCXCIX, 1938, 317.
 HEIDE. — *Archiv f. Mikrob.*, X, 1939, 135.
 HEIM (R.). — *Bull. Soc. ch. biol.*, XXIX, 1942, 48.
 HEIM (P.). — *C.R. Ac. Sc.*, CCXXII, 1946, 1354 et CCXXIII, 1946, 137.
 HEITZMANN. — *C.R. Ac. Sc.*, CLXVIII, 1944, 859.
 HERISSET. — *C.R. Ac. Sc.*, CCXXIII, 1946, 47 et 164.
 HEINTZELER. — *Archiv f. Mikrob.*, X, 1939, 92.
 HENRY (B. S.). — *J. bact.*, LIV, 1947, 264.
 HINSHELWOOD (C. N.). — *The chemical kinetics of the bacterial cell*. University Press, Oxford, 1946.
 HOOGERHEIDE (J. C.). — *Bijdrage tot de kennis van de reactie van Pasteur*, 1935, Thèse sc., Leiden.
 HOUGET, MAYER et PLANTEFOL. — *Ann. physiol.*, IV, 1927, 663.
 INGRAHAM et STEENBOCK. — *Bioch. J.*, XXIX, 1935, 2553.
 ISTIN (M.). — *Rev. Canad. biol.*, VI, 1947, 490.
 IVANOW. — *Ber. deutsche bot. Ges.*, XXIX, 1911.
 JACQUOT. — *C.R. Soc. biol.*, CXXVIII, 1938, 69.
 — *Ann. de physiol.*, XIII, 1937.
 JACQUOT-ARMAND et RAVEUX. — *C.R. Ac. Sc.*, CCXIX, 1944, 82.
 JACQUOT et RAVEUX. — *C.R. Ac. Sc.*, CCXVI, 1943, 318.
 JAVILLIER. — *Bull. Soc. ch. biol.*, 1930, 709.
 — *C.R. Ac. agr.*, XXVII, 1941, 348.
 JOHNSON (H. N.). — *Iowa agr. exp. St. res. Bull.*, LXXVI, 1923.
 JØRGENSEN, HANSEN et LUND. — *Microorganisms and fermentation*, 1939, Griffin and C^o, London.
 JOSLYN et DUNN. — *J. Am. chem. Soc.*, LX, 1938, 1137.

- KARRER. — *Bull. Soc. ch. biol.*, XXVIII, 1946, 688.
- KARSTRÖM. — *Erg. der Enzymforschung*, VII, 1938, 350.
- KEILIN. — *Proc. roy. Soc.*, CVI, 1930, 418.
- KHARASCH (M. S.), CONWAY (E. A.) et BLOOM (W.). — *J. bact.*, XXXII, 1936, 533.
- KISSLING. — *Naturwiss.*, XXVII, 1939, 129.
- KLENK. — *Ztschr. physiol. Ch.*, CLXXIX, 1928, 312.
- KLUYVER (A. J.). — *Biochemische suferbepalingen*, Leiden, 1914.
- KLUYVER et CUSTERS. — *Ant. van Leeuw.*, VI, 1939-40, 121.
- KLUYVER et HOOGERHEIDE. — *Proc. Kon. Ak. v. Wet.*, XXXVI, 1933, 605, et *Enzymologia*, I, 1936, 1.
- KRAUSE et ELLIS. — *Annals of Botany*, I, 1937, 499.
- KUFERRATH. — *Ann. de zymologie*, Série 2, II, 1931, 9.
- KUHN et DRUMM. — *Ber. der deutsch. chem. Ges.*, LXIII, 1932, 1458.
- LANGERON (M.). — *Précis de mycologie*, 1945, Masson et Cie, Paris.
- LANGERON et BAEZA. — *Ann. de parasit.*, XIV, 1936, 398.
- LANGERON et GUERRA. — *Ann. de parasit.*, XVI, 1938, 36, 160, 429, 481.
- LANGERON (M.) et LUTERAAN (Ph. J.). — *Ann. de parasit.*, XXIV, 1949.
- LANGERON et MILOCHEVITCH. — *Ann. de parasit.*, VIII, 1930, 465.
- LAVOLLEY et LABOREY. — *C.R. Ac. Sc.*, CCVI, 1938, 1055.
- LEBRETON. — *La lipogénèse chez les animaux supérieurs*. Ed. de la Maison de la Chimie, n° 728.
- LECHARTIER et BELLAMY. — *C.R. Ac. Sc.*, LXIX, 1869 et LXXXI, 1875.
- LEDERER. — *Les caroténoïdes des plantes*. Actualités scient. et industr., n° 137, Paris, Hermann.
- LINDNER et UNGER. — *Ztschr. techn. Biol.*, VII, 1919, 68.
- LIPMANN. — *Bioch. Ztschr.*, CCLXV, 1933, 144 et CCLXVIII, 1934, 205, et *Adv. in enzym.*, I, 1941, 99.
- LIPMANN (F.) et TUTTLE (L. C.). — *J. biol. chem.*, CLIII, 1944, 571.
- LOHMANN. — *Bioch. Ztschr.*, CCXXXVII, 1931, 445.
- LOHMANN et SCHUSTER. — *Naturwiss.*, XXV, 1937.
- LUTERAAN. — *Ann. de parasit.*, XXII, 1947, 110.
- LUTERAAN et CHOAY. — *Ann. de parasit.*, XXII, 1947, 89.
- LUTERAAN (Ph. J.), LANGERON (M.) et MÉRY (J.). — *C.R. Acad. sc.*, CCXXVIII, 1949, 338-340.
- LUTERAAN, CHAMPEAU et CHOAY. — *C.R. Soc. Biol.*, CXLI, 1947, 116-118.
- LUTERAAN et DIENG. — *C.R. Ac. Sc.*, CCXXVI, 1948, 1032.
- LUTERAAN et LANGERON. — *C.R. Acad. Sc.*, CCXXVIII, 1247.
- *Ibid*, CCXXVIII, 1523.
- MACFARLANE. — *Bioch. J.*, XXX, 1936, 1369.
- MAGNUS LEWY. — *Handbuch der Biochemie des Menschen und der Tiere*, 1925.
- VON MALLINCKRODT HAUPT. — *Centralblatt f. Bakt.*, CIII, 1927, 73.
- MANIL. — *Microbes et actions microbiennes*, 1947, Desoer, Paris.
- MAYER et SCHAEFFER. — *Jl physiol. et pathol. gén.*, XV, 1913, 510, etc..., XVI, 1914, 203, etc...
- MERY et LUTERAAN. — *C.R. Acad. Sc.*, CCXXVI, 1948, 1215.
- MEYERHOF (O.). — *Erg. f. Enzymforschung*, IV, 1935, 208.
- *Bioch. Ztschr.*, CLII, 1925, 43.
- *Nature*, CXXXII, 1933, 337.
- *J. biol. chem.*, CLVII, 1945, 105.
- *Ant. van Leeuw.*, XII, 1947.
- MEYERHOF et KIESSLING. — *Bioch. Ztschr.*, CCLXXIII, 1935, 209.

- MEYERHOF, KIESSLING et SCHULTZ. — *Bioch. Ztschr.*, CCCIII, 1939, 40.
- MEYERHOF et JUNOWICZ KOCHOLATY. — *J. biol. chem.*, CXLV, 1942, 443 ; CXLIV, 1943, 71.
- MINARD (G.). — *Amination et décarboxylation par les levures*, Thèse sc., Lyon, 1938.
- MOLLIARD. — *C.R. Acad. Sc.*, CLXIII, 1916, 570 ; CLXVII, 1918, 1043 ; CLXVIII, 1919, 360 ; CLXX, 1920, 949 ; CLXXIV, 1922, 881.
- *C.R. Soc. biol.*, LXXXIII, 1920, 50.
- MONOD (J.). — *C.R. Acad. Sc.*, CCXII, 1941, 934.
- MOREL et GAUTHERET. — *Rev. scient.*, (Paris), LXXXV, 1947, 649.
- *Recherches sur la croissance des cultures bactériennes*, Hermann et Cie, Paris, 1942.
- MRAK et BONAR. — *Zitblatt f. Bakt.*, II Abt, C, 1939, 289.
- MYRBÄCK et VASSEUR. — *Ztschr. physiol. chemie*, CGLXXVII, 1943, 171.
- NADSON et MEISL. — *C.R. Ac. Sc.*, CLXXXIII, 1926, 82.
- NÄGELI et LOEW. — *J. f. prakt. Chem.*, XXI, 1880, 97.
- NEUBERG. — *Bioch. Ztschr.*, CLXXX, 1927, 477.
- NEUBERG et VON MAY. — *Bioch. Ztschr.*, CXL, 1923, 299.
- NEUBERG et WEIMANN. — *Bioch. Ztschr.*, CC, 1928, 473.
- NICKERSON (W. T.). — *Respiration and fermentation of pathogenic fungi et Metabolic products of pathogenic fungi in Biology of pathogenic fungi*, Chronica botanica, 1947.
- NICKERSON (W. T.), WILLIAMS (J. W.) et WILLIAMS (Ph. D.). — *Nutrition and metabolism of pathogenic fungi in Biology of pathogenic fungi*, Chronica botanica, 1947.
- NICKERSON et CHADWICK. — *Archiv. biochem.*, X, 1946, 81.
- *Mycopathologia*, IV, 1948, 279-283, pl. XIV.
- NIELS NIELSEN. — *Archiv. f. mikrobiol.*, XII, 1942, et *Bioch. Ztschr.*, CCCVIII, 1941, 187.
- NIETHAMMER (A.). — *Arch. Mikrobiol.*, XII, 1941, 312 ; XIII, 1943, 140. — *Fette und Seifen*, L, 1943, 309.
- NILLSON, ENEBO, LUNDIN et MYRBÄCK. — *Svensk. Kem.*, LV, 1943, 41.
- NORD et WEIDENHAGEN. — *Handbuch der Enzymologie*, 1940, Becker et Erler, Berlin.
- NORD. — *Alkoholische Gärung*. In Nord et Weidenhagen.
- PAQUOT. — *Industries des corps gras*, III, 1947, 111 et 140.
- PASTEUR (L.). — *Etudes sur la bière*, Paris, 1876.
- *C.R. Ac. Sc.*, LXXX, 1875, 452.
- PĂTIÎLĂ. — *Ann. de parasit.*, XXII, 1947, 237.
- PECK et HAUSER. —
- PETT. — *Bioch. J.*, XXIX, 1935, 937.
- PEYNAUD et RIBEREAU-GAYON. — *C.R. Ac. Sc.*, CCXXIV, 1947, 1338.
- PLANTEFOL. — *C.R. Acad. Sc.*, CCIV, 1937, 370 et 1886 ; CCVII, 1938, 83 ; CCVIII, 1939, 927.
- POLONOVSKI. — *Glycolyse et respiration. Exposés ann. bioch. méd.*, 1944.
- PORTIS et ALTMAN. — *J. biol. chem.*, CLXIX, 1947, 263.
- PRÉVOT. — *C.R. Soc. biol.*, CXXVII, 1938, 489.
- PRATT et DUFRÉNOY. — *Bact. Rev.*, XII, 1948, 79.
- PRILL, WENCK et PETERSON. — *Bioch. J.*, XXIX, 1935, 29.
- QUASTEL et WHEATLY. — *Bioch. J.*, XXVI, 1932, 2169.
- QUASTEL. — *Enzymologia*, II, 1937, 37.

- QUILLOT (Noël). — *C.R. Soc. biol.*, CXXXI, , 279.
- RAAF (H.). — *Archiv f. Mikrob.*, XII, 1941, 132.
- RAULIN. — *Etudes chimiques sur la végétation*. Thèse sc., Paris, 1870. Réimpression, Paris, Masson et Cie, 1905.
- REICHEL. — *Angew. Chem.*, LIII, 1940, 577.
- REICHEL et SCHMID. — *Bioch. Ztschr.*, CCC, 1939, 274.
- REICHERT. — *Helv. ch. Acta*, XXVII, 1944, 961.
- REINER (T. M.) et SPIEGELMANN (S.). — *J. gen. physiol.*, XXXI, 1947, 51.
- RENAUD et LACHAUX. — *C.R. Acad. sc.*, , 1944, 499.
- RETOVSKI. — *Bull. Soc. ch. biol.*, XVII, 1935, 1614.
- RIPPEL et WIANGKE. — *Archiv f. Mikrobiol.*, XII, 1941, 124.
- RIPPEL. — *Naturwiss.*, XXXI, 1943, 248.
- RITTENBERG et FORSTER. — *J. biol. chem.*, CXXXIII, 1940, 737.
- ROBERTS (C.). — *Am. J. bot.*, XXXIII, 1946, 237-244.
- ROGER (H.). — *Presse méd.*, 1940, p. 413.
- ROSENHEIM. — *J. Soc. chem. ind.*, LI, 1932, 22.
- SANNIÉ. — Les mélanines. *Exp. ann. biol. méd.*, 1945.
- Pigments et substances antibiotiques des champignons et des bactéries. *Exp. ann. de biol. méd.*, 1946.
- DE SAINT-RAT et LUTERAAN. — *C.R. Acad. Sc.*, CLXXIV, 1947, 1587.
- SCHOEN. — *Ann. des ferment.*, I, 1935, 257.
- SCHOENHEIMER et RITTENBERG. — *J. biol. chem.*, CXIV, 1936, 381.
- SCHOPFER. — *C.R. Ac. Sc.*, CCV, 1937, 445.
- *C.R. Soc. Biol.*, CXVIII, 1935, 3.
- *Bull. Soc. bot. Genève*, XX, 1928, 149.
- SCHOPFER et BLUMER. — *Archiv f. Mikrob.*, IX, 1938, 305.
- SCHMALFUSS et MOTHES. — *Bioch. Ztschr.*, CCXXI, 1930, 134.
- SCOTT (M. L.), NORRIS (L. C.) et HEUSER (G. F.). — *J. biol. chem.*, CLXVI, 1946, 481.
- SHAPIRO et WERTHEIMER. — *Biochem. J.*, XXXVII, 1943, 102.
- SHIBATA. — *Erg. f. Enzymforschung*, A, 1935, 357.
- SMEDLEY MAC LEAN. — *The metabolism of fat*, 1943, Methuen, London.
- *Bioch. J.*, XVI, 1922, 370.
- SMEDLEY MAC LEAN et HOFFERT. — *Biochem. J.*, XVII, 1923, 720 ; XVIII, 1924, 1273.
- SPIEGELMAN et MOZAWA. — *Archiv of biol.*, VI, 1945, 303.
- STÂRKLE. — *Bioch. Ztschr.*, CLI, 1924, 371.
- STELLING DEKKER. — *Die Sporogenen Hefen*, Thèse d'Amsterdam, 1931.
- STEPHENSON. — *Bacterial metabolism*, Longmans, 1939.
- STEPHENSON et STICKLAND. — *Bioch. J.*, XXVII, 1933, 1528.
- STEPHENSON et WHETHAM. — *Proc. roy. soc.*, XCIII, 1922, 262.
- STEPHENSON et YUDKIN. — *Bioch. J.*, XXX, 1936, 506.
- STIER et STANNARD. —
- STILES et LEACH. — *Respiration in plants*, Methuen and Co, London, 1936.
- STOLL. — Quelques aspects chimiques et pharmacologiques des alcaloïdes de l'ergot de seigle. *Exp. ann. de biol. méd.*, 1947.
- STRONG et CARPENTER. — *Ind. eng. chem.*, Anal. éd., XIV, 1942, 909.
- TANRET. — *C.R. Ac. Sc.*, LXXXI, 1875, 896.
- TÄUFEL, THALER et SCHREYEGG. — *Ztschr. Unters. der Lebensm.*, LXXII, 1936, 394.
- TERROINE et BELIN. — *Bull. Soc. chim. biol.*, IX, 1927, 12.
- TERROINE, BONNET et DUQUENOIS. — *Bull. Soc. chim. biol.*, IX, 1927, 597.
- TERROINE et BONNET. — *Bull. Soc. chim. biol.*, IX, 1927, 588.

- TERROINE, BONNET, KOPP et VÉCHOT. — *Bull. Soc. chim. biol.*, IX, 1927, 605 ; IX, 1927, 678.
- TERROINE et WURMSER. — *Bull. Soc. chim. biol.*, IV, 1922, 519.
- THALER et EISENLOHR. — *Bioch. Ztschr.*, CCCVIII, 1941, 188.
- THALER et GEIST. — *Bioch. Ztschr.*, CCCII, 1939, 121 et 361.
- THOMPSON et STEENBOCK. — *Archiv of biochem.*, IV, 1944, 15.
- VAN LAER. — *La chimie des fermentations*, 1935, Masson et Cie, Paris.
- *La bière*, 1942, Masson et Cie, Paris.
- VERNE (J.). — *Bull. histol. appl.*, XIII, 1936, 433.
- VON EULER et KARRER. — *Helv. ch. Acta*, XII, 1929, 278.
- VON EULER, FISCHER et LÖEWENBERG. — *Ber. der deutsch. chem. Ges.*, LXI, 1928, 25 et LXIX, 1936, 445.
- WARBURG. — *Biochem. Ztschr.*, CXXXIX, 1927, 350.
- WARBURG et CHRISTIAN. — *Biochem. Ztschr.*, CCIII, 1939, 40.
- WARD et JAMIESON. — *J. amer. chem. Soc.*, LVI, 1934, 973.
- WATTIEZ et STERNON. — *Eléments de chimie végétale*, 2^e éd., 1942, Masson et Cie, Paris.
- WEIDENHAGEN. — In Nord et Weidenhagen. *Erg. der Enzymf.*, I, 1932, 168.
- WEISSBERG. — *Ann. paras.*, XXII, 1947, 242.
- WELSCH. — *Le dosage microbiologique des vitamines*, 1947, Masson et Cie, Paris.
- WESTERDIJK. — *Ant. van Leeuw.*, XII, 1947, 223.
- WICKERHAM et BURTON. — *J. bact.*, LVI, 1948, 363.
- WHITE, KROMPITZ et WERKMAN. — *T. Bact.*, LIII, 1947, 377.
- WILLSTÄTER, SCHNEIDER et BAMANN. — *Ztschr. physiol. Chem.*, CXLVII, 1925, 248.
- WILLSTÄTER et BAMANN. — *Ztschr. physiol. Chem.*, CLI, 1926, 242.
- WIELAND et WILLE. — *Liebig's Ann. der Ch.*, 515, 1935, 260.
- WOLFF. — *Le magnésium en biochimie. Exposés ann. de biochim. méd.*, 1939.
- WURMSER. — *L'électro-activité dans la chimie cellulaire*, 1935, Hermann et Cie, Paris.
- *Ann. de physiol. et phys. ch. biol.*, IX, 1933, 923.
- Les potentiels d'oxydo-réduction des systèmes biologiques. *Exp. ann. bioch. méd.*, 1939.
- YUDKIN. — *Biol. Rev.*, XIII, 1938, 93.

Institut de parasitologie de la Faculté de médecine de Paris

(Directeur : Prof. E. Brumpt)

Section de mycologie (chef de service : Dr M. Langeron)

NOTES ET INFORMATIONS

Microfilaire de la perdrix. — En examinant le sang du cœur d'un lot de six perdrix rouges (*Caccabis rufa*) tuées à Congénies (Gard), nous avons trouvé, chez un exemplaire, des microfilaires assez nombreuses et parfaitement vivantes, cinq heures après la mort de l'animal.

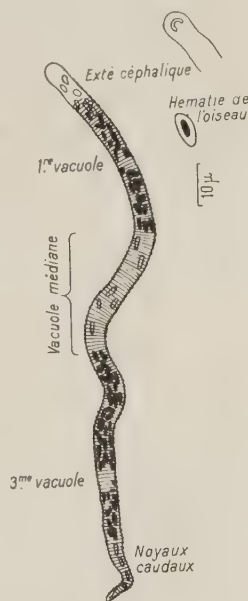
Après coloration au May-Grünwald-Giemsa sur des frottis minces, nous avons pu observer les caractères suivants de ces microfilaires.

Elles mesurent en moyenne $200\ \mu$ de long sur $8\ \mu$ de large. Elles sont dépourvues de gaine. La cuticule en est finement striée transversalement. Après numération on trouve, en faisant la moyenne sur plusieurs exemplaires, un nombre de noyaux voisin de 75. L'étude de la coloration montre les variations suivantes : d'abord une plage bleutée à l'extrémité antérieure ; puis des noyaux antérieurs au nombre de cinq à huit, de coloration rose pâle ; des noyaux violet foncé situés de part et d'autre de la vacuole antérieure ; des noyaux pâles dans la vacuole médiane ; une nouvelle série de noyaux foncés autour de la troisième vacuole, enfin les quatre ou cinq noyaux caudaux rosés.

La première vacuole est située dans l'extrémité postérieure du premier quart. La vacuole médiane, la plus grande, occupe au milieu de l'animal une longueur presque égale à un quart de la longueur totale. La troisième vacuole est située dans le dernier quart. La portion caudale est courte.

Sur des frottis colorés par l'hématoxyline ferrique, on voit à l'extrémité antérieure une formation en fer à cheval à concavité tournée vers l'arrière.

Faute d'avoir observé l'adulte de ces microfilaires, il est assez difficile de leur donner une place systématique. Il est tentant de les rapprocher de la filaire décrite par Seurat chez *Caccabis petrosa* d'Afrique du



Nord (1), *Lemdana marthæ*, pour laquelle il dit que les embryons ont la queue tronquée et pas de gaine, bornant là sa description. Cette même filaire a été retrouvée chez *Pellorneum ruficeps* (2) par Mirza, ce qui tendrait à prouver qu'elle n'est pas spécifique de la perdrix d'Afrique du Nord. D'autres espèces du genre *Lemdana* ont été décrites, par Levachov (3), par Travassos (4), par Høepli et Hsu (5), par Desportes enfin (6), mais aucun de ces auteurs ne donne de description des embryons.

C. VERMEIL.

Localité nouvelle pour *Phlebotomus perniciosus* — Il était curieux de constater, en examinant une carte de distribution des phlébotomes en France, leur absence dans le département du Gard. Comme l'a fait remarquer Marshall dans son livre *British Mosquitoes*, la carte de répartition d'un insecte est souvent celle de la répartition des entomologistes. Ce qui est vrai pour les culicidés l'est aussi pour les psychodidés et le Prof. Calot nous ayant demandé de lui chercher des phlébotomes dans le Gard, car lui-même en avait vu à Nîmes, mais n'avait pu en capturer, pour des raisons indépendantes de sa volonté, nous en avons trouvé une dizaine à Congénies (Gard), en septembre 1948.

Il s'agit de mâles de *Phlebotomus perniciosus* et d'une femelle vraisemblablement de la même espèce.

On peut donc, en toute confiance, ajouter le Gard aux départements du littoral méditerranéen où existent des Phlébotomes (7).

C. VERMEIL.

Action de l'acide indol- β -acétique sur le développement des tumeurs des animaux. — PARALLÉLISME ENTRE LES TUMEURS DES PLANTES ET LES TUMEURS DES ANIMAUX. — En cherchant à mettre en évidence l'existence d'un parallélisme entre les tumeurs des plantes et les tumeurs des animaux, on a examiné l'effet des hormones de croissance (acide indol- β -acétique) sur le développement des tumeurs des animaux.

On a badigeonné 20 souris du commerce, pesant environ 20 gr., avec une substance cancérigène (solution de méthylcholanthrène à 0,3 p. 100), de la façon habituelle, deux fois par semaine. Début d'expérience le 11-12-1947. La moitié du lot de souris fut ensuite badigeonné, environ

(1) *Bul. Soc. Hist. Nat. Afrique Nord*, VIII, 1917, p. 208.

(2) *Current Science* (Bangalore), VIII, 1939, p. 124.

(3) *Zeitschr. Parasitenk.*, L, 1929, p. 126.

(4) *C.R. Soc. Biol.*, XCI, 1926, p. 163.

(5) *Arch. f. Schiffs.*, XXXIII, 1929, Beh. I, p. 28.

(6) *Ann. Parasitol.*, XXII, 1947, p. 36.

(7) Cf. M. BOURGAIN. — Contribution à l'étude des phlébotomes du littoral méditerranéen français. *Bul. Soc. Path. exot.*, N° 5-6, 1945.

15 minutes après, avec une solution acétonique à 2 p. 100 d'acide indol- β -acétique. En raison d'une épidémie, deux souris seulement restaient vivantes le 9-1-1948, une témoin et une traitée.

Sur la nuque de la souris-témoin on a aperçu, le 3-2-1948, un petit papillome qui augmentait constamment. Il est tombé le 10-3-1948, laissant une petite ulcération, de couleur presque noire. A ce moment, sur la nuque de la souris traitée avec la solution à 2 p. 100 d'acide indol- β -acétique, on n'a pas trouvé de signe de papillomatisation.

21 jours après la chute du papillome, une transformation maligne a commencé chez la souris-témoin. Chez la souris traitée, on a aperçu, le 26-3-1948, un commencement de papillomatisation à côté de l'oreille gauche. Au début, le papillome s'étalait sur une large base et, après 4 à 6 jours, une induration à la base était la preuve d'une transformation maligne.

*Nombre de jours
après début du traitement*

	SOURIS TRAITÉES	SOURIS-TÉMOIN
Apparition du papillome	104	54
Apparition du cancer	110	75
Mort	170	sacrifié 29 v. 48. = 170

En observant le développement des tumeurs sur la nuque des deux souris on s'est aperçu que la tumeur de la souris traitée avec la solution d'acide indol- β -acétique se développait plus vite que chez la souris-témoin. Quelques jours avant la mort, la tumeur était nettement saignante. La tumeur de la souris traitée mesurait, après sa mort, $5 \times 4 \times 3$ cm., tandis que la tumeur de la souris-témoin, sacrifiée le même jour, mesurait $1 \times 1,5 \times 1$ cm.

En coupant la tumeur, on a remarqué que la kératinisation était beaucoup plus développée chez la souris traitée. On a fait des coupes à la paraffine et colorées à l'hématoxyline-éosine. Le développement histologique de la tumeur était plus avancé chez la souris traitée que chez la souris-témoin, avec envahissement très net du stroma et formation tubulaire, alors que, chez la souris-témoin, on ne remarquait pas, sur les coupes, de signes nets de cancérisation, mais plutôt de papillomatisation.

On a recommencé, le 9-1-1948, une nouvelle expérience, semblable à la précédente, avec 10 souris lignée R III : 4 témoins (badigeonnage avec le méthylcholanthrène à 3 p. 100), et 6 autres, outre le traitement au méthylcholanthrène, badigeonnées deux fois par semaine avec une solution acétonique à 2 p. 100 d'acide indol- β -acétique. (Ce dernier traitement fut fait à intervalle d'au moins 24 heures du précédent). L'une des souris-témoin est morte le 23-1-1948, et trois des souris traitées ont subi le même sort le 16-3-1948. Elles montraient depuis plu-

sieurs jours des signes d'intoxication, due probablement à la toxicité du produit.

Chez deux souris-témoin on a aperçu une formation de papillome le 20-3-1948, et, chez la troisième, quatre jours après.

Chez les souris traitées avec l'acide indol- β -acétique on a observé une formation de papillome les 18-5, 25-5 et 4-6-1948.

*Nombre de jours
après début du traitement*

	SOURIS TRAITÉES	SOURIS TÉMOIN
Apparition de papillome	137, 147, 130	71, 71, 75

A cause de la perte précoce des souris-témoin, l'expérience ne put être poursuivie comme la précédente. Cependant, chez les souris traitées, l'évolution des tumeurs fut plus rapide et les dimensions de celles-ci plus grandes que dans le cas normal.

Une autre expérience, où les souris furent traitées par injections de méthylcholanthrène et en même temps d'extrait aqueux de tumeur de plantes ou d'acide 2-4 dichlorophénoxy-acétique, n'a pas apporté de résultats concluants. On peut constater, cependant, un plus petit volume des tumeurs chez les souris traitées.

D'un autre côté, on a cherché à traiter les tumeurs des plantes obtenues par inoculation du *Pelargonium* par l'*Agrobacterium* (= *Phytomonas*) *tumefaciens*, avec des substances produisant des cancers chez les animaux. Les 2°, 4° et 6° jours après l'inoculation, on a badigeonné les plantes avec une suspension de méthylcholanthrène, ou 1, 2, 5, 6 dibenzanthracène à 0,3 p. 100 dans la lanoline.

Pour permettre une comparaison avec une substance non cancérigène on a pratiqué des traitements identiques avec le triphényléthylène bromé, dont l'action est bien connue sur les tumeurs des animaux.

On a refait trois fois la même expérience avec, en tout, 16 plantes dont 6 furent conservées comme témoin.

Les conclusions qui peuvent en être tirées sont les suivantes :

- il n'y a pas de différence entre le temps de développement des tumeurs chez les plantes-témoin et chez les plantes traitées ;
- les plantes traitées montrent une tendance nécrotique ;
- les tumeurs des plantes traitées avec le méthylcholanthrène semblent avoir un volume plus petit ;
- les plantes traitées par le 1, 2, 5, 6 dibenzanthracène semblent présenter des tumeurs plus volumineuses, ainsi que les plantes traitées par le triphényléthylène bromé.

En résumé, la solution acétonique d'acide indol- β -acétique agit sur les tumeurs des animaux (souris) en retardant leur développement ; mais,

une fois commencée, la croissance des tumeurs semble se faire plus vite que chez les animaux-témoins.

L'acide indol- β -acétique, qui augmente le volume des tumeurs des plantes, agirait de même sur les animaux après une période de retard, pour des raisons probablement mécaniques ; ce pourrait être une preuve du parallélisme entre les tumeurs des plantes et celles des animaux.

Connaissant l'importance des doses d'acide indol- β -acétique, on a commencé une nouvelle expérience avec différents pourcentages. Les résultats des expériences sur les plantes ne sont pas encore convainquants, mais la question mérite l'attention. On pourrait peut-être obtenir des résultats plus nets en effectuant la culture des tissus.

Zbigniew MANKOWSKI.

La technique du silico-gel sur lames. — La silice gélatineuse (Graham, 1861), proposée par Kühne (1890) pour la préparation de milieux bactériologiques, a été adoptée par Winogradsky (1925) comme base générale des milieux destinés à l'étude des bactéries du sol

Technique de Winogradsky. — L'acide chlorhydrique étendu (densité = 1,10 = 13° Baumé), et le silicate de potassium étendu (densité = 1,06 = 6°-8° Baumé) sont mélangés à volumes égaux ; la solution de silicate est versée dans l'acide en bien agitant.

Le mélange ainsi obtenu est immédiatement réparti dans des boîtes de Petri à raison de 30 cm³ par boîte, réalisant ainsi une couche d'au moins un demi-centimètre d'épaisseur ; les boîtes sont ensuite abandonnées pendant 24 heures sur une surface horizontale ; ce temps écoulé, des vibrations indiquent que la prise est faite.

Lavage des plaques pendant 72 heures dans l'eau courante, suivi d'un lavage à l'eau distillée jusqu'à ce que cette eau de lavage donne une réaction franchement violette avec le *bromo-cresol-pourpre* et reste limpide après l'addition de *nitrate d'argent*.

La stérilisation des plaques peut être obtenue par inondation répétée de la surface du silico-gel avec de l'eau distillée bouillante.

La transformation du silico-gel en milieu nutritif est effectuée par imprégnation.

AJUSTEMENT D'UN pH A LA SURFACE DU SILICO-GEL. **Solutions-tampons de Sørensen (1910) :**

1) Solution N/15 de phosphate mono-potassique : $\text{PO}_4\text{H}_2\text{K}$ N/15 (9 gr. 078 au litre) ;

2) Solution N/15 de phosphate disodique : $\text{PO}_4\text{Na}_2\text{H}$, 2 H_2O N/15 (11 gr. 876 au litre).

Mélange de solutions-tampons d'après la gamme de Clark (1920)

PHOSPHATE DISODIQUE	PHOSPHATE MONO-POTASSIQUE	pH DU MÉLANGE
0,25 cc.	9,75	5,288
0,5	9,5	5,589
1,0	9,0	5,906
2,0	8,0	6,239
3,0	7,0	6,468
4,0	6,0	6,643
5,0	5,0	6,813
6,0	4,0	6,979
7,0	3,0	7,168
8,0	2,0	7,351
9,0	1,0	7,731
9,5	0,5	8,043

5 gouttes du mélange choisi sont distribuées à la surface du silico-gel contenu dans une boîte de Petri d'un diamètre de 10 cm.

Technique sur lame. — Tout en conservant la technique de Wino-gradsky pour la préparation du silico-gel, l'emploi des solutions-tampons, d'après Sørensen, et leur mélange, d'après la gamme de Clark, nous ont permis d'adapter cette technique à l'utilisation du silico-gel sur lames.

Des lames à microscopie, dégraissées, sont placées sur le fond d'une cuvette, de telle façon qu'elles soient séparées les unes les autres de 5 mm. environ.

Le mélange d'acide chlorhydrique et de silicate de potassium est versé doucement dans la cuvette jusqu'à une hauteur de 1 à 2 mm., de manière à recouvrir les lames ; la cuvette est ensuite abandonnée sur une surface horizontale pendant 24 heures.

Le lavage est fait directement à l'eau courante, en prenant soin que l'eau, entrant par un coin de la cuvette, ne détériore pas la mince couche du silico-gel. Après 72 heures de lavage on contrôle par le nitrate d'argent l'absence de chlorures dans l'eau distillée du dernier lavage.

La stérilisation est effectuée par inondation de la surface du silico-gel avec de l'eau bi-distillée bouillante ou avec les rayons U.V. d'après Tchan (1945), selon la suggestion de M. Bretey. On utilise, pour la production de l'ultra-violet des lampes S-31 de la Société Gallois et Cie ; la distance entre la source et la surface du silico-gel est de 35 cm., le filtre est supprimé. La stérilisation par les rayons U.V. d'une surface de silico-gel simplement lavée, comme il est indiqué ci-dessus, demande un temps d'exposition supérieur à trente minutes.

L'établissement d'un pH déterminé est effectué par un mélange de

solutions-tampons de Sörensen (gamme de Clark), sur la surface du silico-gel, à raison d'une goutte pour 15 cm².

A l'aide d'une lame à rasoir ou d'une lamelle à microscopie, le silico-gel est découpé dans les espaces laissés libres entre les lames ; enlevées à l'aide d'une aiguille montée et d'une pince, les lames portant la couche mince de silico-gel sont nettoyées à leur surface inférieure et placées sur le fond d'une demi-boîte de *Pétri*, reposant elle-même sur un fond noir. Pour obtenir des dimensions voulues, la couche du silico-gel est découpée à l'aide d'une lame de rasoir ou d'une lamelle à microscopie.

Pour empêcher la dessiccation rapide du silico-gel en couche mince, les lames laissées de la cuvette sont de nouveau couvertes par une couche d'eau distillée de 2 à 3 centimètres et l'ensemble protégé par un couvercle.

Ce mode de conservation convient surtout quand on travaille avec du silico-gel naturel, en se servant au fur et à mesure des lames préparées ; l'ajustement du pH se fait au moment de l'utilisation.

La préparation en cuvette peut être remplacée, pour un travail à petite échelle, par une préparation analogue dans des boîtes de *Petri*.

Les lames à microscopie portant les carrés de silico-gel sont gardées dans des boîtes de *Petri* hermétiquement fermées, contenant à l'intérieur un anneau en papier-filtre mouillé, permettant ainsi l'observation microscopique directe.

Le silico-gel, comme milieu d'expérience, peut être maintenu à l'état de gel en couvrant les carrés par une lamelle lutée à la paraffine.

F. PICK.

BIBLIOGRAPHIE

- CLARK (W.-M.). — *The determination of Hydrogen Ions*. Williams, Wilkins et C^o, Baltimore, 1920.
- GRAHAM (Th.). — *Philosoph. Transact.*, VIII, 1861, May 8th et Jne 13th.
- KÜHNE (W.). — *Ztschr. f. Biol.*, XXVII, 1890, 172-179.
- SÖRENSEN (S.-P.-L.). — *C.R. Trav. Labor. Carlsberg*, VIII, 1909-1910, 35 suiv.
- TCHAN (Y.-T.). — *Ann. Inst. Pasteur*, LXXI, 1945, 313-316.
- WINOGRADSKY (S.). — *Ann. Inst. Pasteur*, XXXIX, 1925, 299-354.

RÉPERTOIRE

D'ESPÈCES ET DE GENRES NOUVEAUX

Nématodes

Marshallagia brevispiculum Mönnig. *Strongylidæ*. Moutons. Afrique australe. Onderstepoort J. Pretoria, XIV, 1940, p. 117.

Ornithostrongylus nicobarica Maplestone. *Strongylidæ*. *Calœnas nicobarica* (Pigeon) (Ois.). Indes. Rec. Ind. Mus. Calcutta, XLII, 1940, p. 425.

Oswaldocruzia heparia Koo. *Trichostrongylidæ*. Foie. *Bufo melanostictus* (Batr.). Chine. Lingnan Sc. J. Canton, XVIII, 1939, p. 144.

Oswaldocruzia euryceæ Reiber, Byrd et Parker. *Trichostrongylidæ*. Intestin grêle. *Euryceæ guttolineata* (Urodèle) (Amph.). Géorgie. *Lloydia Cincinnati*, III, 1940, p. 128.

Oxynema typicum Kreis. *Oxyuridæ*. Rongeurs. *Zentralbl. Bakt. Jena*, CXLV, 1940, p. 163.

Oxysomatium georgianum Reiber, Byrd et Parker. *Oxyuridæ*. Rectum. *Rana pipiens* (Batr.). Géorgie. *Lloydia Cincinnati*, III, 1940, p. 132.

Oxyuris potoroo Johnston et Mawson. *Oxyuridæ*. Intestin. *Potorous tridactylus* (Marsup.). Gippsland, Australie. *Trans. Roy. Soc. S. Aust.*, LXIII, 1939, p. 309.

Oxyuris armata Kreis. *Oxyuridæ*. *Papio hamadryas* (Mamm.). *Zentralbl. Bakt. Jena Orig.*, CXLV, 1940, p. 163.

Paramacropostrongylus Johnston et Mawson. *Trichoneminæ*. Espèce type : *P. typicus*. *Trans. Roy. Soc. S. Austral.*, LXIV, 1940, p. 98.

Paramacropostrongylus typicus Johnston et Mawson. *Trichoneminæ*. *Macropus melanops* (Marsup.). Australie. *Trans. Roy. Soc. Austral.*, LXIV, 1940, p. 98.

Parazoniolaimus Johnston et Mawson. *Trichoneminæ*. Espèce type : *P. collaris*. *Proc. Linn. Soc. N.S.W.*, LXIV, 1939, p. 522.

Parazoniolaimus collaris Johnston et Mawson. *Trichoneminæ*. Estomac. *Macropus ualabatus* (Marsup.). Australie. *Proc. Linn. Soc. N.S.W.*, LXIV, 1939, p. 522.

Periplaneticola Basir. Espèce type : *P. mirzaia*. *Proc. Indian Acad. Sci.*, B, XII, 1940, p. 75.

Periplaneticola mirzaia Basir. *Periplaneta americana*. Indes. *Proc. Indian Acad. Sc.*, B, XII, 1940, p. 75.

Pharyngodon oxkutzcabiensis Chitwood. *Oxyuridæ*. Rectum. *Thecadactylus rapicaudus* (Rept.). Yucatan. *Publ. Carnegie Inst. Washington*, CCCCXCI, 1938, p. 51.

Pharyngodon yucatanensis Chitwood. *Oxyuridæ*. *Coleonyx elegans* (Rept.). Yucatan. *Publ. Carnegie Inst. Washington*, CCCCXCI, 1938, p. 52.

Pharyngodon bassii Walton. *Oxyuridæ*. *Hyla septentrionalis* (Amphib.). Cuba. *Proc. Helminth. Soc. Washington*, VII, 1940, p. 90.

Pharyngostromylus theta Johnston et Mawson. *Strongylidæ*. Estomac. *Macropus thetidis* (Marsup.). Australie. *Proc. Linn. Soc. N.S.W.*, LXIV, 1939, p. 514.

Pharyngostromylus iota Johnston et Mawson. *Strongylidæ*. Estomac. *Macropus ruficollis* (Marsup.). Australie. *Proc. Linn. Soc. N.S.W.*, LXIV, 1939, p. 514.

Pharyngostromylus parma Johnston et Mawson. *Strongylidæ*. Estomac. *Macropus parma* (Marsup.). Australie. *Proc. Linn. Soc. N.S.W.*, LXIV, 1939, p. 516.

Pintonema tamandua Cameron. *Trichostrongylidæ*. *Tamandua longicaudata* (Edenté). Trinidad. *Canad. J. Res. Ottawa*, XVII, D, 1939, p. 262.

Polydelphis dalmatina Kreis. *Ascaridæ*. *Tropidonotus natrix* (Rept.). *Zentralbl. Bakt. Jena Orig.*, CXLV, 1940, p. 163.

Porrocaecum kogiae Johnston et Mawson. *Heterocheilidæ*. Estomac. *Kogia breviceps* (Cétacé). Pacifique. *Rec. S. Austr. Mus. Adélaide*, VI, 1939, p. 266.

Potorostromylus Johnston et Mawson. *Strongylidæ*. Espèce type : *P. finlaysoni*. *Trans. Roy. Soc. S. Austr.*, LXIII, 1939, p. 308.

Potorostromylus finlaysoni Johnston et Mawson. *Strongylidæ*. Intestin. *Potorous tridactylus* (Marsup.). Gippsland, Australie. *Trans. Roy. Soc. S. Austr.*, LXIII, 1939, p. 308.

Proleptus problematicus Kreis. *Spiruridæ*. *Acanthias vulgaris* (Poiss.). *Zentralbl. Bakt. Jena Orig.*, CXLV, 1940, p. 163.

Pseudostrongyloides Kreis. *Strongylidæ*. Espèce type : *P. ophidis*. *Zentralbl. Bakt. Jena Orig.*, CXLV, 1940, p. 163.

Pseudostrongyloides ophidis Kreis. *Strongylidæ*. *Natrix hypomelas* (Rept.). *Zentralbl. Bakt. Jena Orig.*, CXLV, 1940, p. 163.

Pukuia Leroux. *Strongylidæ*. Espèce type : *P.* (= *Æsophagostomum*) *lechwei*. *J. Helminth. London*, XVIII, 1940, p. 10.

Pukuia lechwei Leroux. *Strongylidæ*. *Adenota pardoni* (Mamm.). Afrique. *J. Helminth. London*, XVIII, 1940, p. 10.

Raphidascaris alius Lyster. *Heterocheilidæ*. *Salvelinus fontinalis* (Poiss.). Québec. *Canad. J. Res. Ottawa*, XVIII, D, 1940, p. 73.

Skladnikia Rieci. *Trichoneminæ*. Espèce type : *S.* (= *Trichonema*) *symmetrum*. *Missione Biol. Pæse Boranæ Rome*, III, 1939, p. 442.

Skladnikia symmetrum Ricci. *Trichoneminæ*. *Equus burchelli bæhmi* (Mamm.). Abyssinie. *Missione Biol. Pæse Borana Rome*, III, 1939, p. 442.

Spironoura pectinospiculata Koo. *Kathlaniidæ*. Intestin grêle. *Bufo melanostictus* (Batr.). Chine. *Lingnan Sc. J. Canton*, XVIII, 1939, p. 148.

Spironoura cryptobranchi Bravo et Caballero. *Kathlaniidæ*. *Rhyacosi-redon altamarani* (Amph.). Mexique. *An. Inst. Biol. Mexico*, XI, 1940, p. 239.

Spironoura hylæ Reiber, Byrd et Parker. *Kathlaniidæ*. Colon. *Hyla cinerea* (Amph.). U.S.A. *Lloydia Cincinnati*, III, 1940, p. 137.

Spironoura spiculata Reiber, Byrd et Parker. *Kathlaniidæ*. *Rana gryllis* (Batr.). U.S.A. *Lloydia Cincinnati*, III, 1940, p. 138.

Strongyloides agoutii Griffiths. *Strongylidæ*. *Dasyprocta agouti* (Mamm.). Canada. *Canad. J. Res. Ottawa*, XVIII, D, 1940, p. 173.

Strongyluris gonyocephali Kreis. *Heterakidæ*. *Gonyocephalus geoffroyi* (Rept.). *Zentralbl. Bakt. Jena*, CXLV, 1940, p. 163.

Strongyluris tridentata Kreis. *Heterakidæ*. *Gonyocephalus geoffroyi* (Rept.). *Zentralbl. Bakt. Jena*, CXLV, 1940, p. 163.

Strongyluris ranae Reiber, Byrd et Parker. *Heterakidæ*. *Rana catesbeiana* (Batr.). Géorgie. *Lloydia Cincinnati*, III, 1940, p. 134.

Thelandros avis Maplestone. *Tringa hypoleucos* (Ois.). Indes. *Rec. Indian Mus. Calcutta*, XLII, 1940, p. 427.

Thelastoma indiana Basir. *Leucophea* sp. (Orthopt.). Indes. *Proc. Ind. Acad. Sc.*, B, XII, 1940, p. 8.

Thelastoma aligarhica Basir. *Periplaneta americana* (Orthopt.). Indes. *Proc. Ind. Acad. Sc.*, B, XII, 1940, p. 8.

Trichonema aethiopicus (= *Cylicocyclus*) Ricci. *Trichoneminæ*. *Equus burchelli bæhmi* (Mamm.). Abyssinie. *Missione Biol. Pæse Borana Rome*, III, 1939, p. 438.

Zebrincola Ricci. *Trichoneminæ*. Espèce type : *Z.* (= *Trichonema*) *zavattarii*. *Missione Biol. Pæse Borana Rome*, III, 1939, p. 440.

Zebrincola zavattarii Ricci. *Trichoneminæ*. *Equus burchelli bæhmi* (Mamm.). Abyssinie. *Missione Biol. Pæse Borana Rome*, III, 1939, p. 440.

Zoniolaimus clailandii Johnston et Mawson. *Strongyloidea*. Estomac. *Macropus ualabatus* (Marsup.). Australie. *Proc. Linn. Soc. N.S.W.*, LXIV, 1939, p. 521.

Zoniolaimus ualabatus Johnston et Mawson. *Strongyloidea*. Estomac. *Macropus ualabatus* (Marsup.). Australie. *Proc. Linn. Soc. N.S.W.*, LXIV, 1939, p. 521.

Zoniolaimus eugenii Johnston et Mawson. *Strongyloidea*. Estomac. *Thylogale eugenii* (Marsup.). Australie. *Rec. Austr. Mus. Sydney*, XX, 1940, p. 364.

Aproctella nuda Hamann. *Aproctinæ*. Mesentère. *Chætura pelagica* (Ois.). Amérique. *Amer. Middlel. Nat. Notre-Dame*, XXIII, 1940, p. 390.

Crassicauda magna Johnston et Mawson. *Filariidæ*. *Kogia breviceps* (Cétacé). Pacifique. *Rec. S. Austr. Mus. Adélaïde*, VI, 1939, p. 266.

Cystidicola minuta Fujita. *Thelaziidæ*. Salmonidés. Japon. *Japan. J. Zool.*, VIII, 1940, p. 385.

Cystidicola mesopi Fujita. *Thelaziidæ*. Salmonidés. Japon. *Japan. J. Zool.*, VIII, 1940, p. 386.

Cystidicola chitosensis Fujita. *Thelaziidæ*. Salmonidés. Japon. *Japan. J. Zool.*, VIII, 1940, p. 387.

Gongylonema capucini Maplestone. *Spiruridæ*. Intestin. *Cebus capucinus* (Mamm.). Indes. *Rec. Ind. Mus. Calcutta*, XLI, 1939, p. 420.

Nematospiroides longispiculatus Dikmans. *Heligmosominae*. *Microtus pennsylvanicus* (Mamm.). U.S.A. *Proc. Helminth. Soc. Washington*, VII, 1940, p. 80.

Nematospiroides carolinensis Dikmans. *Heligmosominae*. *Clethrionomys gapperi* (Mamm.). U.S.A. *Proc. Helminth. Soc. Wash.*, VII, 1940, p. 81.

Philometra masu Fujita. *Philometridæ*. Cavité générale. *Oncorhynchus masou* (Poiss.). Japon. *Japan. J. Zool.*, VIII, 1940, p. 389.

Philonema elongata Fujita. *Dracunculidæ*. Cavité générale. *Oncorhynchus kawamurae* (Poiss.). Japon. *Japan. J. Zool.*, VIII, 1940, p. 390.

Physaloptera peramelis Johnston et Mawson. *Spiruridæ*. Estomac. *Perameles nasuta* (Mamm.). Australie. *Trans. Roy. Soc. S. Austr.*, LXIII, 1939, p. 205.

Physaloptera peragale Johnston et Mawson. *Spiruridæ*. *Peragale minor* (Mamm.). Australie. *Trans. Roy. Soc. S. Austr.*, LXIV, 1940, p. 99.

Physaloptera multipapillata Kreis. *Spiruridæ*. *Papio hamadryas* (Mamm.). *Zentralbl. Bakt. Jena*, CXLV, 1940, p. 163.

Physaloptera heterocephala Kreis. *Spiruridæ*. *Gonyocephalus modestus* (Rept.). *Zentralbl. Bakt. Jena*, CXLV, 1940, p. 163.

Physaloptera oligopapillata Kreis. *Spiruridæ*. *Sphenomorphus jobiensis* (Rept.). *Zentralbl. Bakt. Jena*, CXLV, 1940, p. 163.

Physaloptera natricis Kreis. *Spiruridæ*. *Natrix hypomelas* (Rept.). *Zentralbl. Bakt. Jena*, CXLV, 1940, p. 163.

Physaloptera variegata Reiber, Byrd et Parker. *Spiruridæ*. Estomac. *Coluber constrictor* (Rept.). Floride et Géorgie. *Lloydia Cincinnati*, III, 1940, p. 140.

Pneumospirura Wu et Hu. *Pneumospiruridæ*, nov. fam. Espèce type : *P. hainanensis*. *Sinensia Sehpeichang*, IX, 1938, p. 288.

Pneumospirura hainanensis Wu et Hu. *Pneumospiruridæ*. Poumon. *Lutra lutra chinensis* (Mamm.). Hainan, Chine. *Sinensia Sehpeichang*, IX, 1938, p. 288.

Rhabdochona oncorhynchi Fujita. *Thelaziidæ*. Intestin. *Oncorhynchus keta* (Poiss.). Japon. *Japan. J. Zool.*, VIII, 1940, p. 388.

Rhabdochona laurentiana Lyster. *Thelaziidæ*. *Catostomus commersonii* (Poiss.). Québec. *Canad. J. Res. Ottawa*, XVIII, D, 1940, p. 74.

Rictularia oligopectinea Wu et Hu. *Rictulariidae*. Coelôme. Rat. Hainan, Chine. *Sinensia Schpeichang*, IX, 1938, p. 293.

Seuratum cancellatum Chitwood. *Spiruroidea*. Enkysté dans le poumon. *Natalus mexicanus* (Mamm.). Yucatan. *Publ. Carnegie Inst. Washington*, CCCCXCI, 1938, p. 60.

Thubunaea baylisi Akhtar. *Physalopteridae*. Estomac. *Agama sp.* (Rept.). Afghanistan. *Proc. Ind. Acad. Sc.*, X, 1939, p. 289.

Aspicularis americana Erickson. *Oxyuridae*. Cæcum, Intestin. *Peromyscus maniculatus*, *P. leucopus* (Mamm.). Minnesota. *Amér. Midl. Nat. Notre-Dame*, XX, 1938, p. 582.

Y. CAMPANA-ROUGET.

Infusoires

Haptophrya plethodonis Lipscomb. *Haptophryidae*. *Plethodon cinereus* et *P. glutinosus* (Batr.). *Virginia J. Sci.*, II, 1941, (6), p. 188.

Euchelvs pisi J. Delphy. *Holophryidae*. *Cardium edule*. France. *Bull. Stat. Biol. Arcachon*, XXXV, 1938, p. 60.

Amylophorus Pereira et Almeida. *Bütschliidae*. Espèce type : *A. rocha-limaï*. *Arch. Inst. Biol. São Paulo*, XIII, 1942, p. 261-270.

Amylophorus rocha-limaï Pereira et Almeida. *Bütschliidae*. Intestin. *Dasyprocta azaræ*. *Caviidae* (Mamm.). Brésil. *Arg. Inst. Biol. São Paulo*, XIII, 1942, p. 261-270.

Dasytricha nipponicum T. Hukui. *Bos taurus domesticus* (Mamm.). Japon. *J. Sci. Hiroshima. Univ. Zool.*, VII, 1940, p. 169-192.

Dasytricha osakii T. Hukui. *Bos taurus domesticus* (Mamm.). Japon. *J. Sci. Hiroshima. Univ. Zool.*, VII, 1940, p. 169-192.

Dasytricha rectum T. Hukui. *Bos taurus domesticus* (Mamm.). Japon. *J. Sci. Hiroshima. Univ. Zool.*, VII, 1940, p. 169-192.

Anoplophrya mytili J. Delphy. *Anoplophryidae*. *Mytilus edulis* (Moll.). France. *Bull. Stat. Biol. Arcachon*, XXXV, 1938, p. 58.

Ancistruma musculi J. Delphy. *Ancistrumidae*. *Mytilus edulis* (Moll.). France. *Bull. Stat. Biol. Arcachon*, XXXV, 1938, p. 64.

Boveria tapetis J. Delphy. *Ancistrumidae*. *Tapes decussatus* (Moll.). France. *Bull. Stat. Biol. Arcachon*, XXXV, 1938, p. 65.

Boveria zenkevitchi L. B. Levinson. *Ancistrumidae*. *Teredo navalis* (Moll.). Mer Noire. *Zool. J. Moscou*, XX, 1941, p. 55-78.

Fættingeria cerei J. Delphy. *Apostoma*. *Cereus pedunculatus* (Coelent.). France. *Bull. Stat. Biol. Arcachon*, XXXV, 1938, p. 60.

Balantidium kirbyi J. Manuel-Rodriguez. *Bursariidae*. Gros intestin. *Xenopus levis* (Batr.). Afrique Sud. *Journ. of Paras.*, XXV, 1939, p. 197-201.

Paranyctotherus H. Saudon. Espèce type : *P. kirbyi* (Rodriguez 1939) (= *Balantidium kirbyi* Rodriguez 1939). *South. Afr. J. Med. Sci.*, VI, 1941, p. 116.

Nyctotherus beltrani R. Hegner. *Spirostomatidæ*. *Ctenosaura acanthura Iguanidæ* (Sauriens). Mexique. *Jl of Paras.*, XXVI, 1940, p. 315-317.

Nyctotherus bertarelli Carini. *Spirostomidæ*. *Leptodactylus gracilis* (Batr.). Brésil. *Arq. Biol. São Paulo*, 19.

Nyctotherus sokoloffi G. B. Schouten. *Amphisbæna albocingulata* (Rept.). Paraguay. *Ann. Inst. Biol Mexico*, XI, 1940, p. 163-172.

Nyctotherus ovalis F. M. Semans. *Parcoblatta pensylvanica* (Orthop.). Etats-Unis. *Ohio Sci. Jl.*, XLI, 1941, p. 457-464.

Nyctotherus mackinonni G. B. Schouten. *Pimelodus clarias* (Poiss.). Amér. Sud. *Arq. Soc. Biol. Montevideo*, X (2), 1940, p. 125-128.

Epistylis chrysemidis E. L. Bishop et T. L. Jahn. *Epistylidæ*. *Chrysemis picta* (Rept.). Etats-Unis. *Proc. Iowa Acad. Sci.*, XLVIII, 1941, p. 417-421.

Epistylis anodontæ M. Uyemura. *Epistylidæ*. *Anodonta lauta* (Moll.), Japon. *Annot. Zool. Jap.*, XVII, 1938, p. 18-86.

Epistylis lougicorpora M. Uyemura. *Epistylidæ*. *Anodonta lauta* (Moll.), Japon. *Annot. Zool. Jap.*, XVII, 1938, p. 78-86.

Epistylis wenrichi M. Uyemura. *Epistylidæ*. *Anodonta lauta* (Moll.), Japon. *Annot. Zool. Jap.*, XVII, 1938, p. 78-86.

Carchesium pisi J. Delphy. *Vorticellidæ*. *Cardium edule* (Moll.). France. *Bull. Stat. Biol. Arcachon*, XXXV, 1938, p. 49-75.

Lagenophrys lunatus Imamura. *Leander paucidens* (Crust.). Japon. *Annot. Zool. Jap.*, XIX, 1940, p. 267-270.

Lagenophrys latersaali A. G. Willis. *Lagenophryidæ*. Ectoparasite sur *Gammarus marinus* (Crust.). *Quart. Jl Micro. Sci. London*, LXXXIII, 1942, p. 171-196.

Cyclochaeta cardii J. Delphy. *Urceolariidæ*. *Cardium edule* (Moll.). France. *Bull. Stat. Biol. Arcachon*, XXXV, 1938, p. 49-75.

Trichodina spheroidesi M. Padnos et R. F. Nigrelli. *Urceolariidæ*. Sur branchies et peaux de poissons. Atlantique. *Zoologica*, New-York, XXVII, 1942, p. 65-72.

Trichodina tralli M. Padnos et R. F. Nigrelli. *Urceolariidæ*. Sur branchies et peaux de poissons. Atlantique. *Zoologica*, New-York, XXVII, 1942, p. 65-72.

Trichodina urechi G. A. Noble. *Urceolariidæ*. *Urechis campo* (Echiuroïde). Océan Pacifique. *Jl of Paras.*, 1940, XXVI, p. 387-405.

Trichophrya micropteri H. S. Davis. *Deudrosomatidæ*. Branchies *Micropterus dolomieu* (Poiss.). Etats-Unis. *Trans. Amer. Micr. Soc.*, LXI, 1942, p. 309.

Acineta limnetis J. P. Goodrich et T. L. Jahn. *Acinetidæ*. Carapace. *Chrysemis picta* « Western painted turtle » (Rept.). Etats-Unis. *Trans. Amer. Micr. Soc.*, LXII (3), 1943, p. 245.

Acineta karamani G. Hadzi. *Acinetidæ*. Ectoparasite de Crustacés. Yougoslavie. *Bull. Acad. Sci. Belgrade*, VI (B), p. 45-56.

Anarma J. P. Goodrich et T. L. Jahn. *Acinetidæ*. Espèce type : *A. multiruga*. J. P. Goodrich et T. L. Jahn. *Trans. Amer. Micr. Soc.*, LXII, 1943, p. 245.

Anarma multiruga J. P. Goodrich et T. L. Jahn. *Acinetidæ*. Carapace de *Chrysemis picta* (Rept.). *Trans. Amer. Micr. Soc.*, LXII, 1943, p. 245.

Anarma brevis J. P. Goodrich et T. L. Jahn. *Acinetidæ*. Ectoparasite de *Chrysemis picta* (Rept.). Etats-Unis. *Trans. Amer. Micr. Soc.*, LXII, 1943, p. 245-253.

Squalorophrya J. P. Goodrich et T. L. Jahn. *Acinetidæ*. Espèce type : *S. macrostyla* Goodrich et Jahn. *Trans. Amer. Micr. Soc.*, LXII, 1943, (3), p. 249.

Squalorophrya macrostyla J. P. Goodrich et T. L. Jahn. *Acinetidæ*. Ectoparasite sur *Chrysemis picta bellii* (Rept.). Etats-Unis. *Trans. Amer. Micr. Soc.*, 1943, LXII, p. 249.

Multifasciculatum J. P. Goodrich et T. L. Jahn. *Acinetidæ*. Espèce type : *M. elegans* Goodrich et Jahn. *Trans. Amer. Micr. Soc.*, LXII, 1943, p. 252.

Multifasciculatum elegans J. P. Goodrich et T. L. Jahn. *Acinetidæ*. Ectocommensal sur *Chrysemis picta* (Rept.). Etats-Unis. *Trans. Amer. Micr. Soc.*, LXII, 1943, p. 252.

Podophrya okobojensis J. P. Goodrich et T. L. Jahn. *Podophryidæ*. Ectocommensal sur *Chrysemis picta* (Rept.). Lac Okoboji, Etats-Unis. *Trans. Amer. Micr. Soc.*, LXII, 1943, p. 252.

M. ANSEL.

Le Gérant : Georges Masson.

MASSON ET CIE Editeurs, Paris

Dépôt légal : 1949 (3^e trimestre). — Numéro d'ordre : 725
à Cahors (France). — 78,700. — C.O.L. 31,2330

Imprimé par Imp A. COUESLANT (personnel intéressé)